

Sustav upravljanja kvalitetom za toplane na biomasu

QM Holzheizwerke

Priručnik za planiranje

Razvila radna skupina
QM sustav za centralizirane toplinske sustave na
biomasu

QM Holzheizwerke je **sustav upravljanja kvalitetom** za centralizirane toplinske sustave na biomasu. Izlaz **tih sustava kreće se od oko 100 kW naviše i usmjeren je** na opskrbu toplotom pojedinih zgrada ili lokalnih i centraliziranih mreža grijanja. Ovaj sustav upravljanja kvalitetom usmjeren je na profesionalni dizajn, planiranje i izvođenje sustava proizvodnje topline i mreža centraliziranog grijanja. Važni kriteriji kvalitete su visoka operativna pouzdanost, precizna kontrola, niske emisije i ekonomičan rad cijelog sustava.

Ovaj sustav upravljanja kvalitetom prvotno je razvijen u Švicarskoj 1998. godine. Godine 2004. osnovana je **međunarodna radna skupina QM Holzheizwerke (Upravljanje kvalitetom za centralizirane toplinske sustave na biomasu – dalje QM sustav)** kako bi zajednički ponudila standarde kvalitete za postrojenja na biomasu na daljinsko grijanje.

Ovaj **priručnik za planiranje** opisuje postupak i pokazuje kako se ciljevi kvalitete za sustav proizvodnje topline i mrežu grijanja postižu profesionalnim planiranjem i izvođenjem.

Priručnik za planiranje dio je **serije publikacija QM Holzheizwerke**, od kojih su do danas objavljeni sljedeći svesci:

Svezak 1: Q-smjernice (s Q-planom)
ISBN 3-937441-91-3

Volumen 2: Standardne hidrauličke sheme - Dio
IISBN 3-937441-92-1

Volumen 3: Upravljanje kotlovima na
biomasu ISBN 3-937441-93-X

Svezak 4: Planiranje
Priručnik ABN 3-937441-94-8

Volumen 5: Standardne hidrauličke sheme - Dio
IIISBN 3-937441-95-6

Serija publikacija može se preuzeti izravno s web stranice radne skupine QM Holzheizwerke (www.qmholzheizwerke.ch). Ostali dokumenti, softverski alati i često postavljana pitanja, kao i informacije o trenutnim kretanjima na temu energije iz biomase također se mogu naći na ovoj web stranici. Neki dokumenti prevedeni su na engleski, talijanski, a dijelom na druge jezike uz potporu podršku CE-INTERREG projekta ENTRAIN (dostupno na: www.qm-biomass-dh-plants.com).

Publikacija QM Holzheizwerke Volume 4

Pripremila radna skupina za Sustav upravljanja
kvalitetom za centralizirane toplinske sustave

Priručnik za planiranje

Razvila
radna skupina
QM sustav za centralizirane
toplinske sustave na biomasu

**Prijevod se temelji na trećem,
proširenom izdanju**

C.A.R.M.E.N. E.V. Straubing 2021.

Prevedeno uz podršku

CE-INTERREG-Projekta ENTRAIN



Radna skupina

Za Švicarsku:
Holzenergie Schweiz uz finansijsku potporu Švicarskog
saveznog ureda za energetiku
www.qmholzheizwerke.ch
www.holzenergie.ch

Za Austriju: AEE INTEC - Institut za održive tehnologije
www.klimaaktiv.at/qmheizwerke

Za Njemačku:
Baden-Württemberg: HFR - Sveučilište primijenjenih
znanosti iz područja šumarstva Rottenburg

Bavaria
: C.A.R.M.E.N. e.V.
www.qmholzheizwerke.de

Za Italiju: APE FVG - Agenzia per l'Energia del Friuli
Venezia Giulia
www.ape.fvg.it

Na međunarodnoj razini
Upravljanje kvalitetom za postrojenja za centralno grijanje
biomase
www.qm-biomass-dh-plants.com

Ove web stranice sadrže informacije i publikacije na temu
energije iz biomase. S web stranica možete preuzeti
dodatne dokumente i softverske alate.

© Arbeitsgemeinschaft QM Holzheizwerke 2004 - 2021.

Dopušten je ispis uz navođenje izvora.

QM Holzheizwerke®
je registrirani zaštitni znak.

Autori trećeg izdanja

Jürgen Good (uprava), Verenum AG
Stefan Thalmann, Verenum AG
Thomas Nussbaumer
Andreas Keel
Andres Jenni, Ardens GmbH
Patrik Küttel, DM Energieberatung AG
Harald Schrammel, AEE INTEC
Sabrina Metz, AEE INTEC
Christian Ramerstorfer, AEE INTEC
Jakob Binder, AEE INTEC
Gilbert Krapf, C.A.R.M.E.N. E.V.
Niels Alter, C.A.R.M.E.N.
Christian Letalik, C.A.R.M.E.N. e.V.
Harald Thorwarth, HFR
Johanna Eichermüller, HFR

Tim prevoditelja: Connie Dolin, Christian Ramerstorfer, Harald Schrammel

Tim prevoditelja za Hrvatsku: Martina Krizmanić Pečnik, Iva Tustanovski, Saša Bardak, Ivana Marić i Gordan Borić

Tim radne skupine

Jürgen Good (uprava), Verenum AG,
CHStefan Thalmann, Verenum AG, CH

Daniel Binggeli, Švicarski savezni ured za energetiku, CH

Andres Jenni, ardens GmbH, CH

Andreas Keel, Holzenergie Schweiz, CH

Patrik Küttel, DM Energieberatung AG, CH

Harald Schrammel, AEE INTEC,
ATSabrina Metz, AEE INTEC,
ATChristian Ramerstorfer, AEE INTEC, AT

Gilbert Krapf, C.A.R.M.E.N. e.V.,
DENiels Alter, C.A.R.M.E.N. e.V.,
DEChristian Leuchtweis, C.A.R.M.E.N. e.V., DE

Harald Thorwarth, HFR, DEJohanna
Eichermüller, HFR, DE

Matteo Mazzolini, APE FVG, IT

Bivši članovi tima (prvo i drugo izdanje)

Jürgen Good (koordinacija), Verenum AG
Friedrich Biedermann, BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH
Ruedi Bühler
Helmut Bunk, Klimaschutz- und Energieagentur (KEA-BW)
Thomas Deines, Ministerium für Ernährung und Ländlichen
Raum Baden Württemberg
Hans Rudolf Gabathuler, Gabathuler Beratung GmbH
Alfred Hammerschmid, BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH
Andres Jenni, Ardens GmbH
Gilbert Krapf, C.A.R.M.E.N. E.V.
Thomas Nussbaumer
Ingwald Obernberger, BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH
Bernhard Pex, C.A.R.M.E.N. E.V.
Christian Rakos, Energie Verwertungsagentur E.V.A.

ISBN 3-937441-90-5 QM Holzheizwerke serija publikacija

ISBN 3-937441-94-8 Svezak 4: Priručnik za planiranje

Uvod

U ime Švicarskog saveznog ureda za energetiku i nekoliko švicarskih pokrajina, švicarski stručnjaci razvili su 1998. godine sustav upravljanja kvalitetom (QM) za centralizirane toplinske sustave na biomasu, a potom su proširili i sukcesivno postali QS-Holzheizung. Na temelju toga, 2004. predstavnici Švicarske, Austrije, Baden-Württemberga, Bavarske, Porajnja-Falačke (više nisu aktivni), a od 2020. i Italije udružili su snage kako bi formirali **radnu skupinu QM Holzheizwerke** kako bi zajednički stvorili standarde kvalitete za postrojenja na biomasu za centralizirane toplinske sustave ponudili ih pod imenom QM Holzheizwerke. Fokus je na profesionalnom projektiranju, planiranju i izvođenju postrojenja za proizvodnju topline i mreža grijanja. Važni kriteriji kvalitete su visoka operativna sigurnost, precizna kontrola, dobra zračno-higijenska svojstva i ekonomična logistika goriva. Cilj je učinkovit, niskouglijčni i ekonomičan rad cijele elektrane.

QM Holzheizwerke namijenjen je sustavima grijanja tople vode i tople vode na bazi biomase (drvena sječka, kora, strugotine, pelete itd.) u **rasponu od oko 100 kW naviše za opskrbu** topline pojedinim zgradama ili lokalnim mrežama i mrežama centraliziranog grijanja. Postrojenja za proizvodnju električne energije ne uzimaju se u obzir, ali se preporuča razmotriti QM za postrojenja za biomasu na daljinsko grijanje analogno.

Ovaj **Priručnik za planiranje dio je serije publikacija QM Holzheizwerke**. Objašnjava proces projekta i pokazuje kako se ciljevi kvalitete postrojenja za proizvodnju topline iz biomase i mreže grijanja mogu postići profesionalnim planiranjem i izvođenjem. Namijenjen je posebno investitorima, operatorima postrojenja i planerima, ali pruža i važne osnovne informacije za osposobljavanje i daljnje obrazovanje, istraživanje i razvoj, kao i za agencije za financiranje i donositelje odluka u politici i administraciji. Priručnik za planiranje podijeljen je u četiri dijela te na dodatak. U prvom, uvodnom dijelu, objašnjene su osnovne ideje za racionalno korištenje energije u smislu QM za postrojenja na biomasu i prvi koraci razvoja projekta. Drugi dio obuhvaća tehničke i gospodarske temelje za planiranje, izgradnju i rad postrojenja za centralizirane toplinske sustave na biomasu (toplane na biomasu). Treći dio opisuje korak po korak proces planiranja sve do puštanja u rad i puštaja u pogon postrojenja. Konačno, četvrti dio pruža znanje o radu, upravljanju, optimizaciji i modernizaciji postrojenja. U dodatku se sažimaju dodatne informacije, izračuni i pomagala, a najvažniji tehnički pojmovi objašnjeni su u pojmovniku.

Kako bi se uzeo u obzir kontinuirani razvoj tehnologije i znanja, treće izdanje Priručnika za planiranje u potpunosti je revidirano, ažurirano i dopunjeno od strane tima radne skupine QM Holzheizwerke. Osnova za to je sadašnje planiranja toplana na biomasu. Trenutačno su obuhvaćeni i "novi koncepti sustava" kao što su višekanalni sustavi s opremom u seriji, kondenzacija dimnih plinova u kombinaciji s toplinskim crpkama ili

integracija centraliziranim toplinskim sustavom na biomasu sa drugim obnovljivim izvorima topline (solarna toplinska energija, geotermalna energija, otpadna toplina, toplinske crpke itd.).

Kako bi se omogućila i povećala međunarodna primjena, općenito su preferirane valjane formulacije te su u velikoj mjeri izostavljene informacije i tekstni odjelci za pojedine zemlje. U mjeri u koju je to moguće, Priručnik za planiranje odnosi se na međunarodno valjane standarde i smjernice. Standardi, zakoni i propisi za pojedine zemlje ne spominju se izričito. Oni su dio priloga (za Švicarsku, Austriju i Njemačku).

Različiti rasponi cijena u različitim zemljama mogu se uzeti u obzir samo u ograničenoj mjeri u slučaju **informacija o troškovima**. Ovdje se moraju poštivati posebna objašnjenja za ilustracije i informacije te, ako je potrebno, raspon cijena mora se provjeriti i prilagoditi nacionalnim uvjetima.

Sadržaj ovog Priručnika za planiranje sastavljen je prema našim saznanjima i ispravljen sa svom dužnom pažnjom. Ipak, autori ne mogu preuzeti nikakvu odgovornost ili jamstvo za cjelovitost, aktualnost, ispravnost i kvalitetu pruženih informacija. Priručnik o planiranju nije zamjena za detaljno i projektno planiranje od strane stručnjaka te ispitivanje i usklađenost s primjenjivim standardima i zakonskim propisima. Isključeni su zahtjevi za odgovornost prema autorima koji se odnose na materijalnu ili nematerijalnu štetu nastalu korištenjem ovog Priručnika za planiranje.

Tim autora radne skupine QM Holzheizwerke želi zahvaliti prvim autorima Priručnika za planiranje, na čijem se vrijednom i sveobuhvatnom radu temelji aktualno novo izdanje. Osim toga, željeli bismo zahvaliti brojnim stručnjacima u industriji na vrijednim povratnim informacijama i aktivnom sudjelovanju tijekom procesa savjetovanja.

Posebna zahvala ide i pionirima radne skupine QM Holzheizwerke Ruediju Bühleru, Hansu Rudolfu Gabathuleru i Franzu Promitzeru na predanosti razvoju i uspostavi standarda kvalitete za centralizirane toplinske sustave na biomasu.

Uređivanje i novo izdanje Priručnika za planiranje QM Holzheizwerke omogućeno je financijskom i kadrovskom podrškom sljedećih institucija, na čemu također želimo izraziti iskrenu zahvalnost!

- Schweizer Bundesamt für Energie
- Österreichisches Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie im Rahmen der Klimaschutzinitiative klimaaktiv
- C.A.R.M.E.N. e.V., Bayern
- Holzenergie-Fachverband Baden-Württemberg e.V.

Radna skupina QM Holzheizwerke, srpanj 2021.

Pregled

1. dio - Racionalno korištenje energije	13
1 Biomasa kao izvor energije	14
2 QM za toplane na biomasu	18
3 Razvoj projekta	22
2. dio - Osnove	26
4 Energija iz biomase	27
5 Komponente postrojenja za proizvodnju toplinske energije	44
6 Komponente postrojenja za skladištenje goriva, transport goriva i uklanjanje pepela	63
7 Hidraulika za proizvodnju topline	77
8 Komponente distribucije topline postrojenja	90
9 Pepeo	95
10 Ekonomska učinkovitost	101
3. dio - Proces planiranja	113
11 Procjena potražnje	114
12 Projektiranje distribucijske mreže	123
13 Odabir sustava proizvodnje topline	131
14 Projektiranje skladištenja goriva, transporta goriva i uklanjanje pepela	175
15 Izvođenje i prihvaćanje kotlovskog sustava biomase	185
4. dio - Rad i upravljanje	190
16 Operativna optimizacija nakon puštanja u pogon	191
17 Rad i održavanje	196
18 Optimizacija i obnova postojećih postrojenja	200
Dodatak	209
19 Propisi	210
20 Važni izračuni i konverzije	219
21 Pojmovnik	238
22 Literatura	245

Sadržaj

1. dio - Racionalno korištenje energije	13
1 Biomasa kao izvor energije	14
1.1 Uvod	14
1.2 Važnost energije iz biomase	14
1.2.1 Podrijetlo	14
1.2.2 Korištenje	14
1.3 Uloga energije iz biomase u energetsom sustavu	16
1.3.1 Značaj u međunarodnoj usporedbi	16
1.3.2 Potencijal u budućim energetsom sustavima	16
1.4 Promicanje mjera za energiju iz biomase	17
2 QM za toplane na biomasu	18
2.1 Podrijetlo i cilj	18
2.2 Zašto QM za toplane na biomasu?	18
2.3 QMstandard®	19
2.3.1 Najvažniji sudionici projekta	19
2.3.2 Zadaci i odgovornosti	19
2.3.3 Proces planiranja s ključnim etapama	19
2.3.4 Q-plan	20
2.3.5 Q-smjernice	20
2.3.6 Alati za projektante	20
2.4 QMmini	21
2.4.1 Opseg primjene	21
2.4.2 Procedura	21
2.4.3 Dokumenti i alati	21
3 Razvoj projekta	22
3.1 Od ideje do kilovat sati	22
3.2 Studija izvodljivosti	23
3.2.1 Lokacija centralne toplane i skladištenje goriva	23
3.2.2 Zahtjevi za prostorno planiranje	23
3.2.3 Dostupnost goriva	24
3.2.4 Opseg spajanja na toplovod i interes za povezivanjem potencijalnih potrošača	24
3.2.5 Nacrt koncepta	24
3.2.6 Troškovi ulaganja i proizvodnje toplinske energije	24
3.3 Ostali aspekti	24
3.3.1 Financiranje	24
3.3.2 Operativna tvrtka	24
3.3.3 Čimbenici uspjeha i "kamen spoticanja"	25
2. dio - Osnove	26
4 Energija iz biomase	27
4.1 Uvod	27
4.2 Kemijski sastav drvnih goriva	27
4.3 Referentna stanja	27
4.4 Važni parametri	28
4.4.1 Udio vode i vlage u drvu	28
4.4.2 Udio pepela	29
4.4.3 Neto i bruto kalorijska vrijednost	29
4.4.4 Specifikacije volumena	30

4.5	Opskrba gorivom za automatske sustave za loženje drva.....	31
4.5.1	Pregled.....	31
4.5.2	Sortimenti drva.....	32
4.5.3	Priprema goriva	35
4.5.4	Parametri kvalitete	36
4.5.5	Strategije opskrbe.....	40
4.6	Analitika.....	41
4.7	Ugovor o opskrbi gorivom i naplata	41
4.7.1	Ugovor o opskrbi gorivom.....	41
4.7.2	Naplata prema volumenu.....	41
4.7.3	Naplata prema težini.....	42
4.7.4	Naplata prema količini proizvedene toplinske energije	42
5	Komponente postrojenja za proizvodnju toplinske energije	44
5.1	Područja primjene.....	44
5.2	Osnove izgaranja	45
5.3	Tehnologije izgaranja	45
5.3.1	Pregled.....	45
5.3.2	Fiksni sustav paljenja.....	46
5.3.3	Izgaranje u fluidiziranom sloju	48
5.3.4	Izgaranje prašine	48
5.4	Prijenos topline u dijelu kotla	49
5.5	Automatsko čišćenje cijevi kotla	50
5.6	Emisije	50
5.7	Primarne mjere za smanjenje emisija	51
5.8	Sekundarne mjere za smanjenje emisija	52
5.8.1	Uklanjanje prašine	52
5.8.2	Denitrifikacija	55
5.9	Rekuperacija topline s ekonomajzerom i kondenzacijom dimnih plinova	55
5.10	Tehnologija kontrole procesa	56
5.10.1	Osnove.....	56
5.10.2	Zahtjevi za mjerenje opreme i prikupljanje podataka	60
5.10.3	Planiranje i izvođenje.....	61
6	Komponente postrojenja za skladištenje goriva, transport goriva i uklanjanje pepela.....	63
6.1	Preliminarna napomena	63
6.2	Skladištenje goriva	63
6.3	Punjenje silosa i skladišta.....	65
6.3.1	Punjenje silosa drvnom sječkom	65
6.3.2	Punjenje i upravljanje skladišnim prostorom	67
6.3.3	Punjenje silosa za strugotine	69
6.3.4	Punjenje skladišta peleta	69
6.4	Sustavi pražnjenja	70
6.4.1	Sustavi pražnjenja za sva goriva	70
6.4.2	Posebni sustavi pražnjenja	71
6.5	Transportni sustavi.....	73
6.6	Punjenje peći.....	74
6.7	Zaštita od povratnog paljenja u sustavu transportera goriva.....	75
6.8	Uklanjanje pepela.....	76
7	Hidraulika za proizvodnju topline.....	77
7.1	Hidrauličke osnove	77
7.2	Kontrola kotlovskog kruga.....	77
7.2.1	Regulacijski ventil kotlovskog kruga	77

7.2.2	Premosnica (zaobilazanje) u krugu kotla.....	79
7.3	Pumpe.....	80
7.3.1	Vrste pumpi.....	80
7.3.2	Projektiranje pumpe.....	80
7.3.3	Kotlovska pumpa s regulacijom brzine.....	81
7.3.4	Pouzdanost u radu i redundantnost kotlovske pumpe.....	82
7.4	Mjerač topline.....	82
7.4.1	Značajke mjerača topline.....	82
7.4.2	Zahtjevi za pojedinačne metode mjerenja protoka.....	83
7.4.3	Ugradnja mjerača topline.....	84
7.4.4	Utjecaj na autoritet ventila.....	84
7.5	Skladištenje topline.....	84
7.5.1	Skladištenje topline u sustavu grijanja.....	84
7.5.2	Hidraulička integracija spremnika topline.....	87
7.6	Pitanja o hidraulici za proizvodnju topline.....	89
7.6.1	Kvaliteta vode.....	89
7.6.2	Sprečavanje nepravilne cirkulacije.....	89
8	Komponente distribucije topline postrojenja.....	90
8.1	Pregled.....	90
8.2	Sustav cijevi.....	90
8.3	Priključci.....	90
8.4	Praćenje propuštanja.....	91
8.5	Prijenos podataka i komunikacija.....	92
8.6	Mrežna struktura.....	92
8.7	Načini i situacije instalacije.....	92
8.8	Kvaliteta vode u toplinskoj mreži.....	93
8.9	Prijenos topline.....	93
8.9.1	Povezivanje potrošača.....	93
8.9.2	Zahtjevi za prijenos topline.....	93
9	Pepeo.....	95
9.1	Akumulacija pepela.....	95
9.2	Frakcije pepela.....	95
9.3	Sastav pepela.....	96
9.4	Zbrinjavanje i recikliranje.....	97
9.4.1	Stanje u Švicarskoj.....	98
9.4.2	Stanje u Njemačkoj.....	99
9.4.3	Stanje u Austriji.....	99
10	Ekonomska učinkovitost.....	101
10.1	Pitanja ekonomske učinkovitosti postrojenja za daljinsko grijanje na biomasu..	101
10.2	Odgovornosti.....	101
10.3	Struktura troškova postrojenja za daljinsko grijanje na biomasu.....	101
10.4	Izračun ekonomske učinkovitosti.....	103
10.4.1	Uvod.....	103
10.4.2	Izračun troškova proizvodnje topline metodom anuiteta.....	103
10.4.3	Metoda neto sadašnje vrijednosti (NPV) i interna stopa povrata (IRR).....	104
10.4.4	Usporedba varijanti.....	105
10.4.5	Analiza osjetljivosti.....	105
10.5	Tarifna struktura prodaje toplinske energije.....	106
10.6	Poslovni plan.....	107
10.6.1	Struktura i sadržaj.....	107
10.6.2	Proračunska bilanca i proračunski račun dobiti i gubitka.....	108

10.7	Alat za izračun profitabilnosti	108
10.8	Procjena troškova ulaganja.....	110
3. dio - Proces planiranja.....		113
11	Procjena potražnje	114
11.1	Uvod.....	114
11.2	Analiza potražnje za toplotom	115
11.2.1	Nove zgrade	115
11.2.2	Postojeće zgrade	115
11.2.3	Građevinsko područje	116
11.3	Potražnja za toplotom cijelog sustava.....	118
11.3.1	Određivanje potrebnog toplinskog kapaciteta	118
11.3.2	Potražnja za toplinskom energijom prikazana kao karakteristika opterećenja	119
11.4	Analiza izvora topline	121
11.5	Integracija u projektni proces QM za centralizirane sustave toplinske sustave na biomasu.....	121
12	Projektiranje distribucijske mreže	123
12.1	Uvod.....	123
12.2	Ključne brojke i pojmovi.....	123
12.2.1	Potencijalno područje opskrbe	123
12.2.2	Gustoća toplinske potražnje	124
12.2.3	Ključni kupci	124
12.2.4	Stupanj razvoja	125
12.2.5	Faktor istodobnosti	125
12.2.6	Gustoća distribucijske mreže.....	125
12.2.7	Specifični troškovi ulaganja	125
12.2.8	Gubici u distribucijskoj mreži	126
12.2.9	Odstupanje od kriterija učinkovitosti	126
12.3	Projektni postupak.....	126
12.4	Dimenzioniranje promjera cijevi	127
12.4.1	Preporuke za dimenzioniranje	127
12.4.2	Postupak dimenzioniranja.....	128
12.4.3	Metode izračuna	128
12.5	Razvoj tehnologije toplinske mreže.....	128
13	Odabir sustava proizvodnje topline.....	131
13.1	Uvod.....	131
13.2	Ekološka usporedba s drugim izvorima topline	131
13.2.1	Pregled.....	131
13.2.2	Primjeri.....	132
13.3	Opći zahtjevi i definiranje važnih pojmova	136
13.4	Sustav kvalitete goriva i paljenja	137
13.5	Odabir i projektiranje sustava za proizvodnju topline.....	138
13.5.1	Osnovne varijante sustava za proizvodnju topline sa sustavom izgaranja biomase.....	139
13.5.1.1	Utjecaj ukupnog potrebnog toplinskog kapaciteta	140
13.5.1.2	Određivanje potrebne ukupne snage kotla	142
13.5.1.3	Raspodjela ukupne snage kotla na biomasu manjim i većim kotlovima na biomasu	143
13.5.2	Opis osnovnih varijanti.....	144
13.5.2.1	Monovalentni sustav grijanja na biomasu s spremnikom od 100 do 500 kW.....	144
13.5.2.2	Bivalentni sustav grijanja na biomasu s spremnikom od 100 do 1.000 kW	145
13.5.2.3	Monovalentni sustav grijanja na biomasu s spremnikom od 501 do 1.000 kW.....	146
13.5.2.4	Monovalentni sustav grijanja na biomasu s spremnikom ≥ 1.000 kW.....	147
13.5.2.5	Bivalentni sustav grijanja na biomasu s spremnikom ≥ 1.000 kW	148

13.5.3	Postupak projektiranja bivalentnog sustava	149
13.5.4	Odabir sustava za loženje	150
13.5.5	Dimenzioniranje spremnika topline.....	150
13.5.6	Potražnja za gorivom	150
13.6	Daljnje varijante sustava za proizvodnju topline	151
13.6.1	Sustavi s više kotlova sa standardnom serijskom opremom	151
13.6.2	Dodatni kotao na biomasu visoke kvalitete za ljetni rad	152
13.6.3	Kombinirana toplina i snaga	153
13.7	Komplementarni izvori topline i sustavi za proizvodnju topline.....	154
13.7.1	Opće napomene	154
13.7.2	Povrat topline iz ispušnih plinova	155
13.7.2.1	Opće napomene	155
13.7.2.2	Ekonomizator	155
13.7.2.3	Kondenzacija dimnih plinova	156
13.7.2.4	Povrat topline kondenzacijom dimnih plinova za niskotemperaturnu mrežu.....	158
13.7.3	Toplinske pumpe/dizalice topline.....	158
13.7.3.1	Opće informacije.....	158
13.7.3.2	Energetska učinkovitost sustava toplinske pumpe	158
13.7.3.3	Hidraulička integracija sustava toplinske pumpe za ljetni rad	160
13.7.3.4	Toplinska pumpa u kombinaciji s kondenzacijom dimnih plinova	161
13.7.3.5	Povrat topline s kondenzacijom dimnih plinova za hladno daljinsko grijanje	162
13.7.4	Solarna energija.....	162
13.7.4.1	Ciljevi.....	162
13.7.4.2	Solarni toplinski sustavi za mreže grijanja	162
13.7.4.3	Decentralizirani solarni toplinski sustav kod potrošača.....	163
13.7.4.4	Kombinacija fotonaponskog sustava s toplinskom pumpom	164
13.7.5	Iskorištavanje otpadne topline	164
13.7.5.1	Preliminarne napomene	164
13.7.5.2	Izravna korištenje otpadne topline.....	164
13.7.5.3	Neizravno korištenje otpadne topline s toplinskom pumpom	165
13.8	Opskrba procesnom topline	166
13.9	Dizajn komponenti sustava	167
13.9.1	Izbor tehnologije taloženja prašine	167
13.9.2	Odabir tehnologije redukcije dušikovog oksida	169
13.9.3	Odabir dodatnih komponenti	170
13.10	Projektiranje centralne toplane	170
13.10.1	Centralna toplana	170
13.10.1.1	Dizajn kotlovnice, zahtjevi za prostorom.....	170
13.10.1.2	Hidraulička integracija kotlovskog sustava	170
13.10.1.3	Ventilacija kotlovnice	170
13.10.1.4	Dimenzioniranje ventilacijskog sustava	171
13.10.2	Spremnik za grijanje i toplane kao montažni element	171
13.10.3	Pomoćna potražnja za energijom	172
13.10.4	Dimnjak, kamin	172
13.10.4.1	Dimenzioniranje visine dimnjaka	172
13.10.4.2	Dimenzioniranje poprečnog presjeka dimnjaka	172
13.10.4.3	Izgradnja dimnjaka	172
13.10.4.4	Mlaznice za mjerenje emisija.....	172
13.10.5	Zaštita od buke	173
14	Projektiranje skladištenja goriva, transporta goriva i uklanjanje pepela	175
14.1	Opće napomene	175
14.2	Odabir i dimenzioniranje skladištenja goriva.....	175
14.2.1	Vrste skladištenja goriva.....	175
14.2.2	Dimenzioniranje	175
14.2.3	Dizajn silosa za gorivo	176

14.2.4	Ventilacija silosa	177
14.2.5	Dizajn skladišta	178
14.2.6	Vanjsko skladište	179
14.2.7	Spontano izgaranje i gubitak tvari	179
14.2.8	Dizajn silosa za drvenu sječku	180
14.2.9	Dizajn za skladištenje peleta	180
14.3	Odabir i dimenzioniranje pražnjenja goriva	181
14.3.1	Opće napomene	181
14.3.2	Transport goriva	181
14.3.3	Pražnjenje	181
14.3.4	Transportni sustavi za gorivo	182
14.3.5	Doziranje peći	182
14.4	Odabir i dimenzioniranje uklanjanja pepela	182
15	Izvođenje i prihvaćanje kotlovskog sustava biomase	185
15.1	Opći zahtjevi i definicija najvažnijih pojmova	185
15.2	Nadzor građenja	185
15.3	Kritične točke tijekom faze izgradnje	186
15.4	Puštanje u pogon i u rad	186
15.4.1	Pripreme za puštanje u pogon, hladno puštanje u rad	186
15.4.2	Probna operacija puštanja u pogon postrojenja	187
15.5	Prihvaćanje	188
4. dio - Rad i upravljanje		190
16	Operativna optimizacija nakon puštanja u pogon	191
16.1	Razlozi i ciljevi	191
16.2	Zahtjevi i odgovornosti	192
16.3	Obrada i procjena podataka	192
16.4	Implementacija	195
17	Rad i održavanje	196
17.1	Poslovna organizacija	196
17.2	Tehnički rad	196
17.3	Održavanje	196
17.3.1	Općenito	196
17.3.2	Servisiranje i inspekcija	197
17.3.3	Popravak i poboljšanje	198
17.4	Zaštita na radu	199
17.5	Osiguranje	199
18	Optimizacija i obnova postojećih postrojenja	200
18.1	Objašnjenja	200
18.2	Optimizacija postojećih postrojenja	200
18.2.1	Procedura	200
18.2.2	Status quo analiza tehnologije i gospodarstva	200
18.2.3	Procjena stanja quo analize	201
18.2.4	Mjere za optimizaciju postojećih postrojenja	204
18.2.4.1	Mjere smanjenja troškova	204
18.2.4.2	Mjere za povećanje zarade	205
18.2.4.3	Daljnje mjere	205
18.3	Obnova postojećih postrojenja	206
18.3.1	Uvod	206
18.3.2	Postupak obnove	206
18.3.3	Obnova nije moguća	207

Dodatak		209
19	Propisi	210
20	Važni izračuni i konverzije	219
20.1	Omjer viška zraka Lambda	219
20.2	Pretvorba iz ppm u mg/m ³	220
20.3	Referentna vrijednost kisika	221
20.4	Pretvorba iz mg/m ³ u mg/MJ	223
20.5	Pretvorba iz vlažnog u suhi ispušni plin	224
20.6	Određivanje nazivne toplinske snage	225
20.7	Određivanje masenog protoka goriva	226
20.8	Određivanje volumena zraka za izgaranje	227
20.9	Određivanje protoka volumena ispušnih plinova	229
20.10	Određivanje protoka mase NO _x -a	230
20.11	Određivanje učinkovitosti izgaranja	232
20.12	Određivanje godišnje učinkovitosti	234
20.13	Zajedničke jedinice i konverzije	237
21	Pojmovnik	238
22	Literatura	245

1. dio - Racionalno korišćenje energije

1 Biomasa kao izvor energije

1.1 Uvod

Šume su vrijedni ekosustavi - staništa, kao i radni prostori koji nude korištenje, zaštitu i rekreaciju. Osim toga, šume smanjuju CO₂ i korištenje drva kao sirovine, što daje važan doprinos smanjenju stakleničkih plinova. Šumarstvo i drvna industrija važni su gospodarski sektori u srednjoj Europi i oblikuju naše kulturne krajolike. Bitno je da se šumarstvo odvija održivo i u skladu s prirodom. Samo na taj način možemo dugoročno profitirati od njegovih ekoloških, gospodarskih i socijalnih koristi.

Drvo je jedna od najvažnijih obnovljivih sirovina. Svojstva drva čine ga idealnim za širok raspon namjena: za zgrade, papir, svakodnevne predmete - drvo igra važnu ulogu u industriji i za ogrjev.

Zašto energija iz biomase? Ekonomski isplativa

- Diversifikacija opskrbe energijom
- Neovisnost u kriznim vremenima
- Povećano jamstvo opskrbe
- Prihodi za šumarstvo i gospodarenje drvnom sirovinom
- Regionalna dodana vrijednost i stvaranje radnih mjesta

Ekološki prihvatljiva

- Obnovljiva i CO₂ neutralna
- Visoka učinkovitost i niske emisije
- Kratki pravci transporta, pristupačnost
- Jednostavna priprema i skladištenje
- Kombiniranje s drugim regionalnim obnovljivim izvorima topline

Pružuje udobnost kroz centralno grijanje

- Dokazana tehnologija sa zajamčenom opskrbom
- Nema potrebe za održavanjem i malim prostorom za kupce

Drvo se tisućama godina koristi za grijanje, kuhanje, obrte, proizvodnju pare itd. Posljednjih desetljeća drvo je također dobilo veliku važnost kao izvor energije u obliku drvne sječke i peleta za individualne i sustave centraliziranog grijanja. Imajući na umu očuvanje resursa i otpad, uglavnom se za proizvodnju drvne sječke i peleta koriste uglavnom biomasa i pod proizvodi prerade drva, koji bi se inače odbacili. Pri spaljivanju drva ne proizvodi se dodatni CO₂, jer se u atmosferu ispušta samo CO₂ pohranjen tijekom rasta.

1.2 Važnost energije iz biomase

1.2.1 Podrijetlo

Potražnja za drvom EU-a i njegovih zemalja članica pokrivena je prvenstveno našim šumama, a u manjoj mjeri i uvozom recikliranog otpadnog drva i drva. Industrijska prerada drva uključuje uglavnom pilane, industriju papira te daljnje gospodarske grane (stolarija, proizvodnja namještaja itd.). Biomasa se dobiva od slabog drva, oštećenog drva (npr. od oštećenja od oluje ili najezde potkornjaka), otpadnog drva, ali i drva s plantaža drvenastih kultura kratkih ophodnji ili (privatnih) malih šuma. Preostali udio drva za potrošnju energije sastoji se od ostataka drva neprikladnih za industriju (kora, poprečno drvo, piljevina, sječka, čak i ostatak otpada iz proizvodnje celuloze). Ukupno gledajući, udio potrošnje energije u ukupnoj opskrbi drvom u EU-u iznosi oko 60 %. Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 1** . daje se pregled protoka drvne sirovine u EU-u u 2015. Za održivu uporabu važno je regionalno drvo s najkraćom mogućom udaljenosti prijevoza. U skladu s tim, dostupna goriva i njihovo podrijetlo ovise o regionalnim okvirnim uvjetima i lancima opskrbe.

1.2.2 Korištenje

Toplinska energija čini više od 50 % potražnje za energijom u EU-u. U sektoru toplinske energije kućanstva i industrija čine oko 40 %, a ostatak je podijeljen između uslužnog sektora, poljoprivrede i drugih [1].

Energija iz biomase ima ključnu ulogu u energetske tranziciji, posebno u proizvodnji topline. Međutim, interes za korištenje drva i druge krute biomase za proizvodnju električne energije, goriva ili kemijskih proizvoda također je u porastu. Oko 17 % energetske potražnje EU-a pokriveno je obnovljivom energijom (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 2**). Ovdje udio bioenergije, uključujući energiju iz drva, energetske usjeva i biogenog otpada, iznosi oko 60 %. Većina bioenergije koristi se za osiguravanje topline (74,6 %). Ostatak se koristi za proizvodnju električne energije i goriva.

Za **proizvodnju topline** u kućanstvima i stambenim zgradama obično se koriste ručni sustavi izgaranja (trupci, drveni briketi itd.) ili automatizirani sustavi grijanja na pelete ili drvnu sječku. Najnovije, provjerene tehnologije loženja i kotlova s visokom učinkovitošću i niskim emisijama dostupne su od velikog broja proizvođača. Centralizirani toplinski sustavi koji se sastoje od toplane, mreže za distribuciju topline i stanice za prijenos topline mogu opskrbljivati toplovođu toplinom (grijanje, topla voda, procesna toplina) u rasponu od nekoliko zgrada do velikih gradova. Toplina je osigurana izgaranjem drvne sječke, kore itd. u potpuno automatiziranim sustavima izgaranja biomase i kotlova koji su prilagođeni odgovarajućem korištenom gorivu.

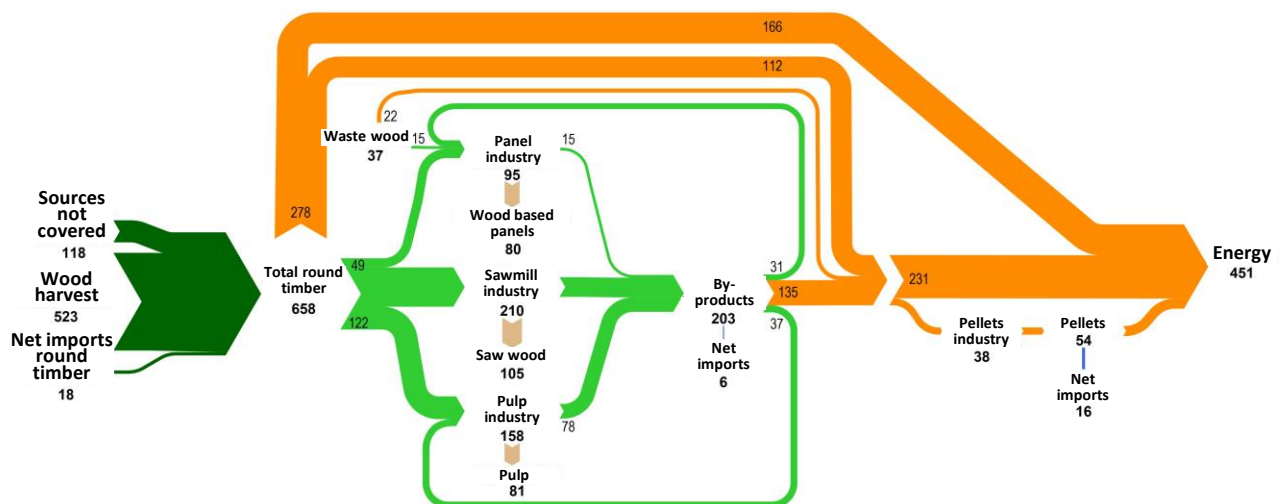
Pojedinačne peći na biomasu također se koriste u velikim postrojenjima za proizvodnju procesne topline i pare u industriji ili, kao kombinirana postrojenja za grijanje i energiju (CHP), također za proizvodnju električne energije. Proizvodi iz drveno-prerađivačke industrije (npr. proizvodi od pilane, lužine) često se termički koriste na licu mjesta. Viškovi iz proizvodnje električne i toplinske energije mogu se pak uvesti u postojeće energetske mreže.

Električna energija može se proizvesti iz biomase izgaranjem (parne turbine, ORC) ili uplinjavanjem (plinski motori) u procesu s fiksnim ili fluidiziranim slojem. Dok je proizvodnja električne energije izvorno dizajnirana prvenstveno za veća postrojenja (postrojenja od 400 kW naviše), postrojenja za uplinjavanje biomase u malom i mikro energetsom sektoru sada su također spremna za tržište. Rad donosi ekološke i ekonomske koristi samo ako se toplina proizvedena tijekom

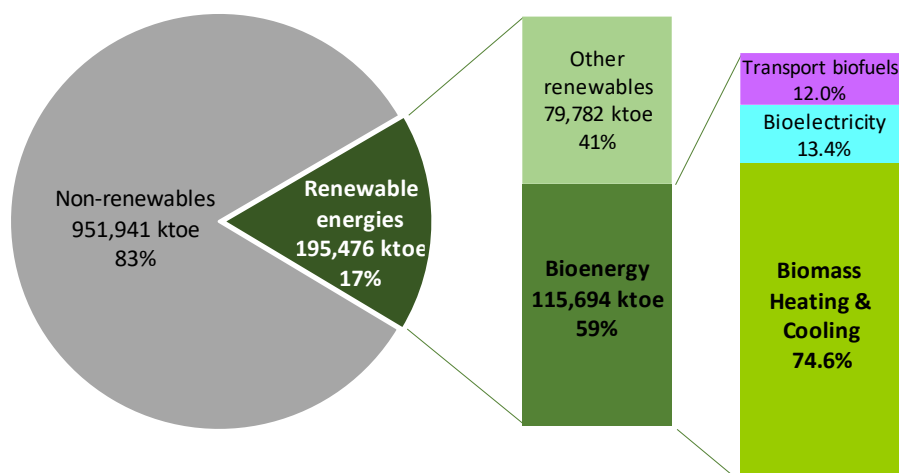
proizvodnje električne energije koristi uz visoku godišnju stopu iskorištenja topline i električne energije.

Plin dobiven iz uplinjavanja biomase može se koristiti ne samo za kombiniranu proizvodnju električne i toplinske energije, već i za proizvodnju goriva i drugih kemikalija ili se dovodi u mreže prirodnog plina u prerađenom obliku. Ovisno o konceptu postrojenja i načinu rada, osim plina iz biomase, kao upotrebljivi nusproizvodi mogu se proizvoditi drveni ugljen ili pirolizno ulje ili biouglijen kao ponor CO₂ ugljika.

Bez obzira na asortiman proizvoda i konfiguraciju sadašnjih i budućih postrojenja za korištenje biomase, toplina će uvijek biti nusproizvod koji se mora iskoristiti kako bi se osiguralo da postrojenja rade na ekonomičan i učinkovit način.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 1** Mjerni dijagram toka za šumarski sektor prema zemljama EU-28 u milijunima ubranih krutih kubičnih metara (2015.); osnovni podaci za brojku preuzetu iz ([2], [3]).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 2** Udio obnovljivih izvora energije u bruto potražnji EU-a za energijom u kilotonima ekvivalenta nafte (ktoe) i posto, kao i raščlamba doprinosa bioenergije (2016.); osnovni podaci za brojku preuzetu iz [4].

1.3 Uloga energije iz biomase u energetsom sustavu

1.3.1 Značaj u međunarodnoj usporedbi

U 2017. godini prosječna globalna potrošnja primarne energije bila je oko 60 kWh dnevno po osobi; unutar zemalja EU-a ta je vrijednost u 2018. bila znatno viša i iznosila je 100 kWh ([1], [5] – [7]). Iako se udio obnovljive energije posljednjih godina stalno povećavao oko 85 % ukupne opskrbe EU-a energijom i dalje je pokriveno

neobnovljivim resursima (Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 1).** U većini zemalja energija iz biomase kao dio bioenergije predstavlja najveći udio obnovljivih izvora energije (kruta primarna biomasa). Ima važnu ulogu u transformaciji prema opskrbi energijom iz obnovljivih izvora, posebno u toplinskom sektoru, jer su njezina svojstva najbližija svojstvima fosilnih goriva (visoka gustoća topline, mogućnost skladištenja, fleksibilnost). Finska, Švedska, Latvija, Estonija i Austrija unutar EU-a imaju najveći udio bioenergije u odnosu na broj stanovnika [4].

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 1** Sastav izvora energije za ukupnu opskrbu energijom diljem svijeta [5], u EU-u i odabranim zemljama (2018.) [1]; podaci za Švicarsku iz [8]

* Zbroj vrijednosti energije vjetra, solarne energije i drugih

Ukupna opskrba energijom 2018.	Svijet	EU-28	EN	AT	CH	IT
Ukupno [TWh]	166,098	18,742	3,543	386	304	1,781
Neobnovljivi izvori energije	86.2 %	85.0 %	85.9 %	69.9 %	78.8 %	80.9 %
Obnovljivi izvori energije	13.8 %	15.0 %	14.1 %	30.1 %	21.2 %	19.1 %
Bioenergija	9.3 %	9.0 %	8.5 %	16.7 %	7.4 %	8.7 %
<i>Krutina (uključujući drvo)</i>	-	6.2 %	4.0 %	13.9 %	3.8 %	5.6 %
Hydroenergija	2.5 %	1.9 %	0.5 %	9.8 %	12.3 %	2.7 %
Snaga vjetra		2.0 %	3.1 %	1.6 %	0.04 %	1.0 %
Solarna energija	2.0 %*	0.9 %	1.5 %	0.9 %	0.9 %	1.4 %
Ostalo		1.2 %	0.5 %	1.1 %	0.6 %	5.2 %

No, energija iz biomase zauzima poseban položaj ne samo tehnički, već i ekonomski. Dok se druge tehnologije obnovljivih izvora energije u velikoj mjeri mogu osloniti na izravne i slobodne izvore energije (vjetar, sunce, voda, okolna ili geotermalna toplina), opskrba drvnim gorivima zahtijeva dodatne aktivnosti kao što su uzgoj, berba, prerada i prijevoz. Dulji lanac opskrbe otvara stalna regionalna radna mjesta u sektoru opskrbe gorivom. U globalnoj usporedbi učinka obnovljivih izvora energije na radna mjesta, proizvodnja energije iz krute biomase zauzima šesto mjesto sa 787 000 radnih mjesta ostvarenih u 2018. [9]. U EU-u je proizvodnja energije iz krute biomase zauzela prvo mjesto u 2018. S 360.600 radnih mjesta u sektoru čvrste biomase (od ukupno 1,5 milijuna radnih mjesta u sektoru obnovljive energije), ostvaren je promet od 31,8 milijardi eura [10].

1.3.2 Potencijal u budućim energetske sustavima

U brojnim studijama i energetske strategijama bioenergija (kruta, tekuća i plinovita) ima ključnu ulogu kao zamjena za fosilne izvore energije. To je uglavnom zbog energetske sadržaja, skladišnog kapaciteta i fleksibilne dostupnosti, kao i općenito lokalne primjene biomase. Iz današnje perspektive, čini se malo vjerojatnim da će biomasa moći u potpunosti pokriti

svjetske energetske potrebe bez sukoba s drugim prioritetima kao što su bioraznolikost, održivost, potražnja za zemljištem, vodom i hranom. Ipak, biomasa će biti glavni oslonac naše buduće opskrbe energijom. Trenutačno globalni udio bioenergije iznosi oko 15.447 TWh/a (odgovara 9,3 % ukupne opskrbe energijom, vidi Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 1).** Prema studiji komparativne literature Faaij et al [11], globalni potencijal bioenergije za 2050. godinu procjenjuje se na najviše 139.000 TWh/a, pri čemu će se potražnja za energijom do tada povećati i na raspon od 222.000 do 417.000 TWh/a. S druge strane, europski potencijal za 2050. procjenjuje se na najviše 8300 TWh/a. Te bi brojke trebalo smatrati indikativnima i mogu se razlikovati ovisno o regionalnoj dostupnosti.

Čak i ako se drvo u budućnosti više koristi za proizvodnju goriva, drvnog plina ili kemijskih sirovina (ključna riječ "bio gospodarstvo"), biomasa ostaje bitna komponenta obnovljive električne energije i opskrbe toplinom. Međutim, budući da potencijal biomase neće biti dovoljan za potpunu opskrbu obnovljivim izvorima energije, veliki značaj mora se pridati učinkovitim postrojenjima za daljinsko grijanje na biomasu i održivoj upotrebi drva kao izvora energije koja štedi resurse. U slučaju kombiniranih toplinskih i elektrana za proizvodnju električne i toplinske energije, neophodna je potpuna

iskorištenost topline, a time i optimizirani rad toplinske proizvodnje.

Kako bi se postigla potpuna opskrba energijom iz obnovljivih izvora, bit će ključno koristiti i druge regionalne i obnovljive izvore topline (solarnu, geotermalnu, otpadnu energiju iz okoline s/bez toplinskih crpki). Postrojenja za biomasu i lokalne mreže grijanja idealna su polazišna točka za integraciju tih izvora topline i njihovu upotrebljivost. Budući da to u svakom slučaju dovodi do složenijih konfiguracija postrojenja i interakcija između različitih izvora topline, još je važnije posvetiti veliku pozornost sveobuhvatnom i detaljnom planiranju s posebnim razmatranjem zahtjeva pojedinih generatora topline i njihove učinkovite interakcije s niskim emisijama.

1.4 Promicanje mjera za energiju iz biomase

Kako bi se promicao brz prelazak na potpunu opskrbu energijom iz obnovljivih izvora i nadoknadili nepovoljni okvirni uvjeti (npr. nedostatak ili preniske cijene CO₂), u mnogim se zemljama promiču postrojenja za proizvodnju energije na bazi biomase. Najčešće mjere potpore unutar EU-a su [12]:

- Investicijske subvencije (nepovratna bespovratna sredstva, koncesijski krediti)
- Poticajne tarife (fiksne cijene)
- Poticajne premije (marže na tržišne cijene, subvencije operativnih troškova)
- Oslobođenja od poreza ili olakšice
- Povrat poreza
- Pravni propisi (npr. trgovanje emisijama CO₂, ciljevi za obnovljivi udio, određivanje cijena CO₂)

U elektroenergetskom sektoru primjenjuju se uglavnom poticajne tarife i premije poticajnih cijena, ali sve više i jednokratna plaćanja, dok subvencije za ulaganja dominiraju u sektoru grijanja. Nasuprot tome, porezni poticaji koriste se prilično rjeđe. Od Pariškog klimatskog sporazuma iz 2015. sve se više donose i pravni zahtjevi za promicanje obnovljive energije. To uključuje postupno ukidanje lož ulja, prirodnog plina i ugljena ili zahtjeve za udio obnovljive energije u stambenoj izgradnji. Ukupno je sektor bioenergije dobio oko 14 milijardi eura potpore od EU-a i njegovih država članica u 2018. (ukupno 73 milijarde eura za obnovljive izvore energije) [13]. Oko 8 % ukupnih financijskih sredstava EU-a za energiju troši se na biomasu, dok još uvijek više od 30 % (ili 50 milijardi eura) sredstava odlazi na fosilna goriva.

Ovisno o zemlji, sredstva su osigurana za izgradnju, proširenje i optimizaciju ili obnovu toplana na biomasu i povezanih lokalnih i centraliziranih mreža grijanja, kao i za pojedinačne komercijalne i privatne elektrane na biomasu. Stope financiranja subvencija za ulaganja često su u rasponu od 20 do 40 %. Zajednički zahtjevi u pogledu financiranja s naglaskom na sektor grijanja su:

- Minimalni udio obnovljivih izvora energije u cjelokupnom sustavu

- Učinkovitost kotla, mreže grijanja i cjelokupnog sustava (npr. referentne vrijednosti za učinkovitost kotla, gubitak distribucije topline)
- Dovoljna gustoća veze distribucijske mreže
- Maksimalna dopuštena povratna temperatura
- Minimalna ušteda CO₂
- Stroži zahtjevi u pogledu emisija nego što je propisano zakonom
- Promjena izvora energije iz fosilnih u obnovljive
- Kombinacija s obnovom toplinske ovojnice zgrade
- Upravljanje kvalitetom za centralizirane toplinske sustave na biomasu (www.qm-biomass-dh-plants.com)
- Ostali zahtjevi u pogledu osiguranja kvalitete

Relevantne nacionalne i regionalne agencije za financiranje trebale bi dobiti aktualne i detaljne informacije o mogućnostima financiranja i postupcima financiranja.

Uvođenje nacionalnih/međunarodnih cijena CO₂, kao što je već provedeno u pojedinim zemljama, učinkovita je dopuna i alternativa subvencijama za prelazak na održivu opskrbu energijom iz obnovljivih izvora koja se temelji na biomasi i drugim obnovljivim izvorima energije.

2 QM za toplane na biomasu

2.1 Podrijetlo i cilj

Švicarska, Baden-Württemberg, Bavarska i Austrija 2004. godine zajednički su stvorile standarde kvalitete za centralizirane toplinske sustave na biomasu koji se nazivaju "QM Holzheizwerke". Fokus je na profesionalnom projektiranju, planiranju i izvođenju postrojenja za proizvodnju topline i mreže grijanja. Važni kriteriji kvalitete su visoka operativna sigurnost, precizna kontrola, i ekonomična logistika goriva. Glavni cilj ovih standarda kvalitete je energetska učinkovit, ekološki prihvatljiv i ekonomičan rad cijele elektrane.

QM za toplane na biomasu je projektno orijentiran sustav upravljanja kvalitetom. Ovim sustavom kvalitete osigurava se provedba projekta s uključenim različitim dionicima prema visokim standardima kvalitete unutar zadanih vremenskih rokova.

2.2 Zašto QM za toplane na biomasu?

Sustavi grijanja na drva, posebice oni s toplinskom mrežom, su dugoročni pothvat s visokim troškovima ulaganja i dugim razdobljima amortizacije. Rizici su u skladu s tim visoki. Često je teško procijeniti razvoj potražnje jer je građevinska aktivnost - kako u novim zgradama tako i u sektoru obnove - podložna snažnim fluktuacijama. Prognoze o budućoj energetskoj situaciji, koja trenutačno prolazi kroz promjenu u smjeru obnovljive proizvodnje topline bez fosilnih goriva, jednako su nepovoljne.

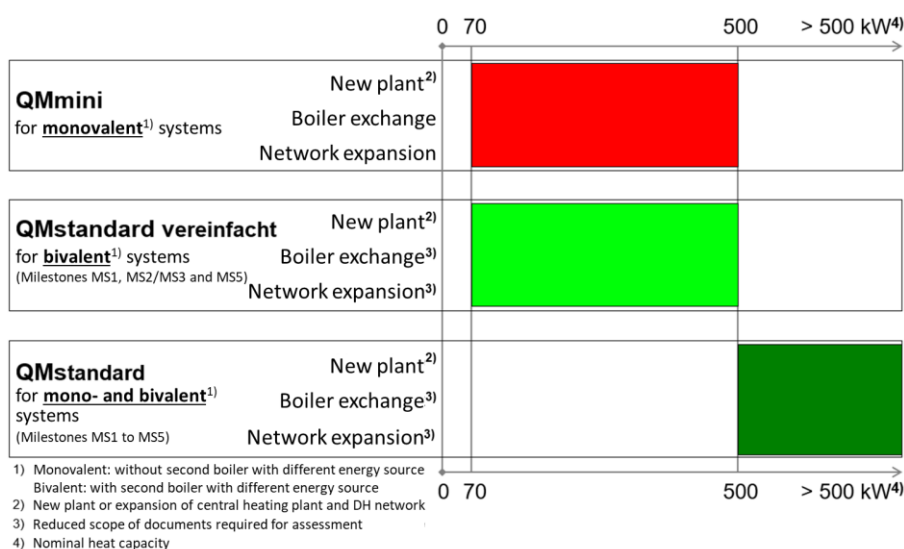
Stručno upravljanje projektima stoga je neizostavan preduvjet za uspješnu realizaciju i rad većih toplane i distribucijske mreže. Integralne komponente upravljanja projektima su upravljanje kvalitetom, utvrđeno u obliku dokumenta u kojem su definirani zahtjevi i odgovornosti

kvalitete (Q-plan), te procjena ekonomske održivosti, primjerice s poslovnim planom, prije realizacije postrojenja. Navedenim se osigurava da izgrađena postrojenja postižu visoku godišnju učinkovitost uz niske troškove ulaganja te uz niske troškove održavanja, postižu se niske emisije u svim radnim uvjetima i nudi se visoka razina sigurnosti opskrbe.

U skladu s tim, ako elektrane na biomasu prema QM ispunjavaju određene kriterije mogu se dobiti poticaji za investiciju. Samo ciljano povezivanje subvencija sa zahtjevima u pogledu kvalitete osigurava ciljano i dugoročno održivo korištenje subvencija. U Austriji je, primjerice, primjena QM-a za centralizirane toplinske sustave na biomasu obvezna kako bi se dobile investicijske subvencije. Revizorski sud EU-a opisao je primjenu QM-a za postrojenja za biomasu u kombinaciji sa subvencijama kao "posebno preporučljiv postupak" [14].

QM za toplane a biomasu osigurava različite postupke osiguranja kvalitete (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 3.**) koji se mogu koristiti za izgradnju nove toplane, mreže grijanja, zamjenu kotlova u toplani ili proširenje mreže grijanja, ovisno o veličini i složenosti:

- **QMstandard®**
Standardni postupak obuhvaća cijeli proces planiranja i provedbe s pet ključnih etapa (MS1 do MS5).
- **Pojednostavljena verzija QMstandardUnder®**
određenih uvjeta, pojednostavljena verzija uključuje samo tri od pet ključnih etapa unutar planiranja i realizacije.
Prilikom zamjene kotla na biomasu ili proširenja mreže grijanja, pojednostavljeni zahtjevi mogu se primijeniti i unutar pojedinačnih ključnih etapa.
- **QMmini® (qm:kompakt - qm kompakt)**
Ovaj uvelike pojednostavljeni postupak radi u dvije faze i može se koristiti samo za sustave bez dodatnog fosilnog kotla u navedenom izlaznom rasponu prema Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 3.**



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.** 3primjene QMstandarda® i QMminija® u Švicarskoj.

Na temelju empirijskih vrijednosti, QM za toplane na biomasu su definirala zahtjeve kvalitete (**Q-zahitjevi**). Q-zahitjevi odnose se na analizu potražnje za toplinskom energijom i određivanje osnovnih projektnih podataka, odnosno konfiguracije postrojenja, hidrauličkog koncepta, strategije upravljanja i distribucijske mreže.

Provedba sustavne **operativne optimizacije** nakon puštanja u rad postrojenja sastavni je, obvezni dio osiguranja kvalitete s QM-om za daljinska postrojenja za biomasu. U prvoj godini rada moraju se zabilježiti i procijeniti najvažniji operativni podaci za različita operativna stanja. Oni su osnova za dokazivanje ispunjava li postrojenje dogovorene zahtjeve u pogledu kvalitete (Q-requirements) (vidi poglavlje 16).

2.3 QMstandard®

2.3.1 Najvažniji sudionici projekta

Najvažnije osobe uključene u osiguranje kvalitete postupkom QM for Biomass DH Plants su:

- **Klijent** ili ovlašteni zastupnik - investitor određuje standard kvalitete i odgovoran je za ekonomsku održivost projekta.
- Upravitelj kvalitete (**Q-manager**) osigurava definiranje, implementaciju i održavanje sustava upravljanja kvalitetom "QM za daljinska postrojenja na biomasu". Q-manager savjetuje klijenta i projektanta o aktivnostima koje uključuju planiranje kvalitete, provjeru kvalitete i kontrolu kvalitete.
- **Glavni projektant** odgovoran je klijentu za kvalitetu cjelokupnog sustava (toplana na biomasu i distribucijska mreža grijanja) u okviru usluga planiranja navedenih u inženjerskom ugovoru. Glavni projektant mora biti određen za planiranje projekta u skladu s QM-ovim pravilima.

2.3.2 Zadaci i odgovornosti

U uobičajenom tijeku projekta sljedeće zadatke obavlja **klijent** ili predstavnik klijenta:

- Imenovanje Q-menadžera i uvođenje u rad glavnog projektanta. Uspostava QM za toplane na biomasu - što je prije moguće.
- Organizacija projekta s jasnim organizacijskim strukturama, kao i precizno definiranim odgovornostima i kompetencijama u svim područjima zadataka.
- Regulacija organizacije i pravnog oblika sponzorstva (operativnog društva) toplane na biomasu.
- Dokaz ekonomske održivosti, na primjer uz pomoć poslovnog plana.
- Osiguravanje sredstava.
- Odobrenje dokumenata koje su dostavili sudionici projekta.
- Nabava potrebnih službenih dozvola i tranzitnih prava.

Zadaci **Q-managera** :

- Svi administrativni poslovi vezani uz sustav upravljanja kvalitetom za toplane i centralizirane toplinske sustave - QM u suradnji s investitorom i glavnim projektantom, organiziranje potrebnih sastanaka, priprema dokumenata potrebnih za primjenu sustava upravljanja kvalitetom za toplane.
- Planiranje kvalitete: točno definiranje zahtjeva kvalitete u planu (Q-plan) u suradnji s klijentom i glavnim projektantom; osiguravanje usklađenosti zahtjeva u pogledu pitanja navedenih u Q-planu s priznatim tehnološkim pravilima.
- Provjera kvalitete: provjera jesu li svi pokazatelji provedbe projekta, dostupnih dokumenata i podataka te zahtjeva za kvalitetom definiranih u Q-planu unutar utvrđenih granica.
- Kontrola kvalitete: osiguravanje pravovremenog otkrivanja i otklanjanja odstupanja u kvaliteti; Q-manager zajedno s investitorom i glavnim projektantom radi na pronalasku rješenja.

Q-manager ne snosi nikakvu odgovornost za planiranje i projektiranje sustava. Ta je odgovornost isključivo na glavnom projektantu i proizvođača u okviru njihovih provizija i konačne odgovornosti prema investitoru.

Glavni projektant odgovoran je za kvalitetno projektiranje toplane i centraliziranog sustava grijanja na biomasu u okviru usluga navedenih u inženjerskom ugovoru. Potrebna kvaliteta definirana je u Q-planu, prema dolje navedenim kategorijama:

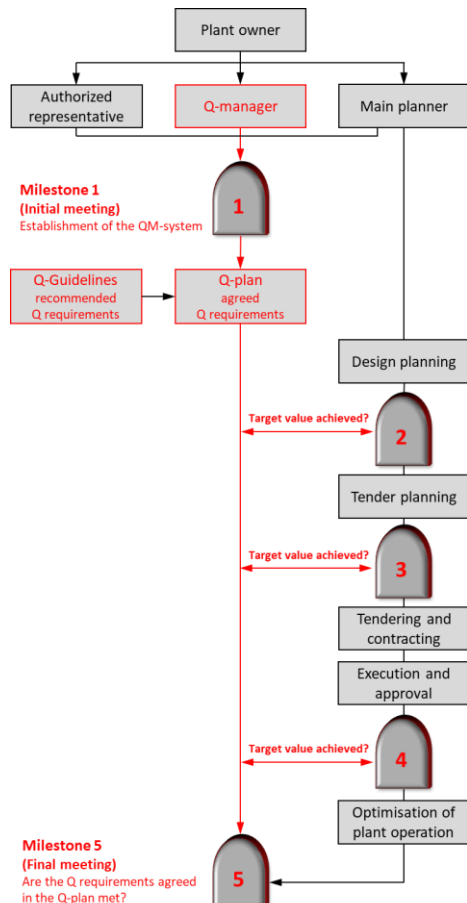
- Procjena potražnje i odabir odgovarajućeg sustava
- Distribucijska mreža
- Proizvodnja toplinske energije
- Dokumentacija o postrojenju
- Prihvatanje
- Operativna optimizacija

2.3.3 Proces planiranja s ključnim etapama

Slika 4 daje opći pregled procesa upravljanja kvalitetom za centralizirane toplinske sustave na biomasu. Postupak i koraci planiranja detaljno su opisani u smjernicama za kvalitetu (Smjernice za kvalitetu) (vidi poglavlje 2.3.4. i [15]).

Investitor imenuje ovlaštenog predstavnika Q-managera, koji je odgovoran za implementaciju sustava upravljanja kvalitetom i glavnog projektanta koji je odgovoran za cjelokupno projektiranje postrojenja. Zajedno vode evidenciju o zahtjevima kvalitete u Q-planu. Pokazatelj 1, odnosno uspostavu QM sustava potrebno je započeti što prije kako bi planiranje prema smjernicama QM sustava započelo prije projektiranja. Pokazatelji 2, 3 i 4 tada koriste za Q-provjere i Q-kontrolu tijekom projekta. To osigurava da se odstupanja u kvaliteti otkrivaju na vrijeme. Postupak QM sustava je dovršen nakon analize i optimizacije rada postrojenja, što predstavlja pokazatelj 5.

Detaljno se postupak i primjena QM-a za postrojenja za biomasu u pojedinim zemljama mogu prilagoditi tamošnjim okvirnim uvjetima kako bi se pružila usklađenost s odgovarajućim uobičajenim postupcima planiranja i financiranja. To može značiti, na primjer, prilagodbu područja primjene i oznaka QMstandarda, njegovu pojednostavljenu verziju, QMmini ili prilagodbu ili dopunu pojedinačnih dokumenata ili kriterija kvalitete. Ovdje se ne raspravlja detaljno o prilagodbama za pojedine zemlje. Odgovarajuće nacionalne kontaktne točke QM-a za postrojenja za biomasu mogu pružiti detaljnije informacije.



Slika 4 Proces QM sustava za toplane na biomasu

2.3.4 Q-plan

QM sustav bi trebao koristiti što je moguće manje papirnatu dokumentaciju, stoga središnji dio Q-plana čine dva dokumenta:

- glavni dokument koji nastaje tijekom uspostave QM-a za postrojenja za biomasu u pokazatelju 1. Ovdje se zahtjevi i odgovornosti kvalitete dogovaraju i definiraju na temelju specifičnog projekta prije realizacije postrojenja.
- dodatni dokument s EXCEL tablicom, kada se realizira svaka daljnji pokazatelj. Dopunski dokument koristi se za provjeru kvalitete i kontrolu kvalitete tijekom projekta.

2.3.5 Q-smjernice

Sastavni dio Q-plana su smjernice za pitanja [15]. Opisuje proces QM-a za toplane na biomasu. Osim toga, detaljno opisuje zahtjeve kvalitete koji se danas moraju ispuniti u planiranju i izgradnji toplane na biomasu s distribucijskom mrežom grijanja. Q-smjernice i Q-plan (glavni dokument) imaju istu strukturu, tako da se oba dokumenta mogu koristiti paralelno na vrlo jednostavan i praktičan način:

- Projektni sudionici
- Uspostava sustava upravljanja kvalitetom za toplane na biomasu
- Provedba projekta s odgovarajućim projektnim pokazateljima
- Obveze i odgovornosti investitora
- Obveze, odgovornosti i Q-zahtjevi kvalitete za projektanta postrojenja
- Definiranje goriva za upotrebu

U prilogu Q-Smjernice sadrže sljedeće dodatne informacije:

- Posebni propisi za Austriju
- Maksimalne brzine protoka kapilarnih cijevi
- Grafika:
 - Gubici toplinske energije u distribucijskoj mreži
 - Posebni troškovi proizvodnje toplinske energije
 - Posebni troškovi distribucije toplinske energije
- Q-zahtjevi za proizvodnju topline (tablični pregled)
- Minimalno dnevno opterećenje grijanja za rad s malim opterećenjem
- Kontrolni popisi za ključne etape MS1 do MS5 prema QMstandardu. Daljnji kontrolni popisi za zamjenu kotla i za proširenje mreže.
- Q-plan glavni i dodatni dokument

2.3.6 Alati za projektante

QM sustav za postrojenja na biomasu pruža dodatne alate za projektante. Najvažniji su:

- **Standardne hidrauličke sheme:** Prikupljanje dokazanih koncepata rješenja za varijante proizvodnje toplinske energije. Sadrže detaljne dokumente kao što su načelne sheme s oznakom i položajima mjernih točaka, hidraulički dizajn krugova kotlova, funkcionalni opis različitih upravljačkih krugova s upravljačkim dijagramom, popis mjernih točaka za optimizaciju rada i specifikacije za bilježenje podataka. Oni također sadrže informacije o kontroli kapilarnih crpki. Projektantu su dostupni Dokumenti programa Word za pojedinačne standardne hidrauličke sheme, koji su ispunjeni i prilagođeni prema projektu.
- **Primjer natječaja** za sustave s jednim ili dva kotla na biomasu: Projektant može koristiti Wordov dokument kao predložak natječaja, koji sadrži bitne elemente natječaja i koji se može dovršiti i prilagoditi prema projektu.

- **Priručnik za planiranje:** U ovom priručniku nalazi se detaljan opis procesa planiranja i najsuvremenijih centraliziranih toplinskih sustava na biomasu. Nadalje, opisuje zahtjeve za optimalan rad i pruža osnovna znanja za sve važne aspekte planiranja i za najvažnije komponente postrojenja.
- **Kontrolni popisi** za ključne etape MS1 do MS5 prema QMstandardu (smjernice za pitanja [15]): Opisuje dokumente koje treba dostaviti za odgovarajuću ključnu etapu. Kontrolni popisi za nove instalacije, za zamjenu kotla i za proširenje mreže.
- Excel alat za **procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava:** U alatu se provjeravaju osnovni podaci o kupcima (godišnja potražnja za toplinskom energijom, potražnja za energijom, referentno područje energije). Navedeni su klimatski uvjeti lokacije postrojenja, kao i gubici duljine i topline cjevovoda za centralizirano grijanje. Na temelju toga alat omogućuje početni dizajn proizvodnje topline i distribucije topline na početku projekta i provjerava usklađenost s najvažnijim zahtjevima u pogledu pitanja. Kako planiranje napreduje, podaci se ažuriraju u daljnjim ključnim etapama (vidi poglavlje 11).
- Excel alat **"Erneuerung Holzenergieanlagen" (obnova centraliziranih toplinskih sustava na biomasu):** Alat za savjetovanje "Erneuerung Holzenergieanlagen" je Excelova datoteka [16]. Najvažnije podatke specifične za pojedini sustav za procjenu možete unijeti ovdje. Nakon unosa korisnik dobiva grubu analizu putem automatske procjene podataka s referentnim vrijednostima. Pomoću alata moguće je dati preporuke i uputiti se na daljnje alate i informacije. Besplatan je i dostupan projektantima, konzultantima i operaterima postrojenja.
- Excel alat **Izračun ekonomske profitabilnosti:** Ovaj se alat koristi za izradu proračunske bilance i proračunskog računa dobiti i gubitka tijekom razdoblja rada postrojenja od 25 godina. Alat se može upotrijebiti za određivanje tarifnih modela i razvoja troškova tijekom trajanja projekta i uspjeha projekta u ranoj fazi (vidi poglavlje 10.).
- **Najčešća pitanja:** Radna skupina QM sustava za toplane na biomasu na svojim internetskim stranicama pruža dodatne konkretne informacije o čestim tehničkim pitanjima [17].

Osiguranje kvalitete s QM-om za postrojenja za biomasu zahtijeva razmjenu i stalno ažuriranje informacija i dokumenata tijekom projekta. U najjednostavnijem slučaju, to se može učiniti e-poštom ili u papirnatom obliku. Korisna alternativa može biti jednostavno rješenje pohrana u „oblaku“ sa standardiziranom strukturom mapa i posebnim pravima pristupa u kojima se spremaju dokumenti projekta relevantni za QM sustav.

Baza podataka kao alat za projektni proces

U Austriji je zbog velikog broja QM projekata razvijena baza podataka s web sučeljem za obradu cijelog QM procesa. Time se osigurava da svi sudionici projekta te savezne i pokrajinske agencije za financiranje imaju pristup istim informacijama i dokumentima:

- Središnja pristupna točka za sve sudionike projekta (klijent, tvrtke za planiranje, Q-manageri, agencije za financiranje, upravljanje QM-om više razine)
- Posebna prava pristupa po projektu
- Raspodjela uloga i posebnih odobrenja u skladu s Q-smjernicama za klijenta, glavnog projektanta i Q-managera.
- Potpuno mapiranje i dokumentacija QM procesa. oblikovanje samo za čitanje pri dovršetku prijelazne točke
- Funkcija prijenosa i preuzimanja za sve dokumente
- Automatske obavijesti za dovršavanje ključnih etapa
- Učitavanje i automatizirana evaluacija godišnjih operativnih izvješća
- Procjena napretka kvalitete zabilježenih postrojenja na biomasu i distribucijskih mreža na višoj razini
- Izravna veza s obradom financiranja
- Važna baza podataka za agencije za financiranje, politička i upravna tijela

2.4 QMmini

2.4.1 Opseg primjene

QMmini je razvijen kao dodatak QMstandardu za sustave u izlaznom rasponu između oko 100 kW i 500 kW i nudi se od 2011. godine. Kako bi se lakše postigli isti ciljevi kvalitete, područje primjene nije ograničeno samo u smislu outputa, već je ograničeno i na jednostavne sustave s monovalentnim instalacijama, odnosno postrojenja s jednim ili više kotlova na biomasu. QMmini se može primijeniti i na postojeće sustave, npr. pri zamjeni postojećeg kotla na biomasu ili pri proširenju postojeće mreže grijanja.

Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 3** . prikazano je područje primjene i usporedbe između QMminija i QMstandarda.

2.4.2 Procedura

QMmini radi u dvije faze. U fazi 1, dizajn postrojenja se preispituje u projektnom obliku QMmini. U fazi 2, analogno pokazatelju MS5, različiti dokumenti i informacije o operativnom ponašanju postrojenja analiziraju se i bilježe u konačnoj QMmini poruci.

2.4.3 Dokumenti i alati

QMmini nudi sljedeće alate za projektante i instalatere u Švicarskoj za preuzimanje:

- Projektni postupak za podršku kvaliteti QMmini
- Smjernice za kvalitetnu podršku QMmini
- Obrazac projekta QMmini s primjerom (temeljen na Excelu).

U Austriji se sličan postupak za "lokalne sustave grijanja" ispod 400 kW nudi pod pojmom qm:kompakt.

3 Razvoj projekta

3.1 Od ideje do kilovat sati

Svaki projekt centraliziranog toplinskog sustava na biomasu grijanja započinje idejom. Ideja ima niz pokretača:

- Dobri primjeri
- Ciljevi klimatske politike
- Predstojeća zamjena sustava fosilnog grijanja (npr. u javnim zgradama)
- Problemi s prodajom goriva iz biomase niske kvalitete
- Politički mandat
- Zahtjevi prostornog planiranja (npr. energetski master plan)
- Trgovinska udruženja, energetske agencije, uredi za planiranje

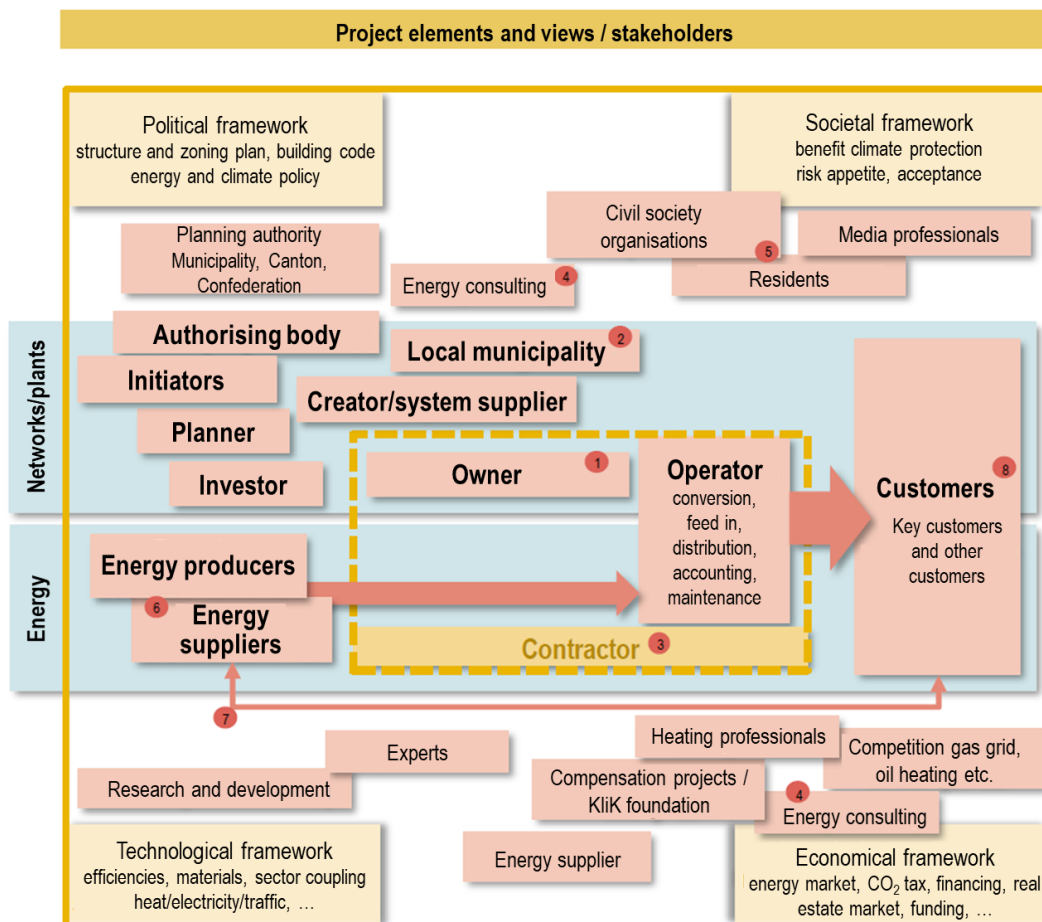
Iskustvo pokazuje da je put "od ideje do kilovatsati topline ili električne energije" dug, a često samo nekoliko ideja izravno rezultira izgradnjom postrojenja. Ponekad je ideji potrebno nekoliko pokušaja dok ne sazrije vrijeme za provedbu projekta. Izazov je imati jednostavan koncept u ranoj fazi, koji omogućuje donošenje odluke između daljnjeg razvoja i napuštanja projekta. Ako se

tada donese odluka u korist daljnjeg razvoja projekta, započinje složena faza planiranja. Izazov je ovdje uspješno završiti put bez kasnijeg napuštanja projekta. Pregled procesa razvoja projekta u skladu s QM-om za postrojenja za biomasu možete pronaći u smjernicama za pitanja [15].

Između ideje i puštanja u rad elektrane, fokus je na raspravi i odgovaranju na **tehnička i ekonomska pitanja**. Međutim, posebno u ranoj fazi projekta, uvijek se radi i o **netehničkim** aspektima. Svaki veći projekt centraliziranog toplinskog sustava na biomasu pokreće međuljudske procese. Bilo da se radi o osnivanju operativnog društva ili stjecanju krajnjih korisnika. Ti procesi ponekad mogu biti jednako izazovni i odlučujući za uspjeh projekta kao i izbor prave tehnologije za postrojenje.

Rana faza projekta ključna je za uspostavu QM-a za postrojenja za biomasu. Što se ranije u projekt uključe standardi i preporuke QM-a za postrojenja za biomasu, to će njihova provedba biti lakša kasnije.

Različiti ljudi i dionici uključeni su u razvoj projekta centraliziranog toplinskog sustava na biomasu (vidi Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1 5**). Oni ne samo da imaju različite interese, već i različite perspektive i očekivanja. Ključno je konstruktivno ih okupiti.

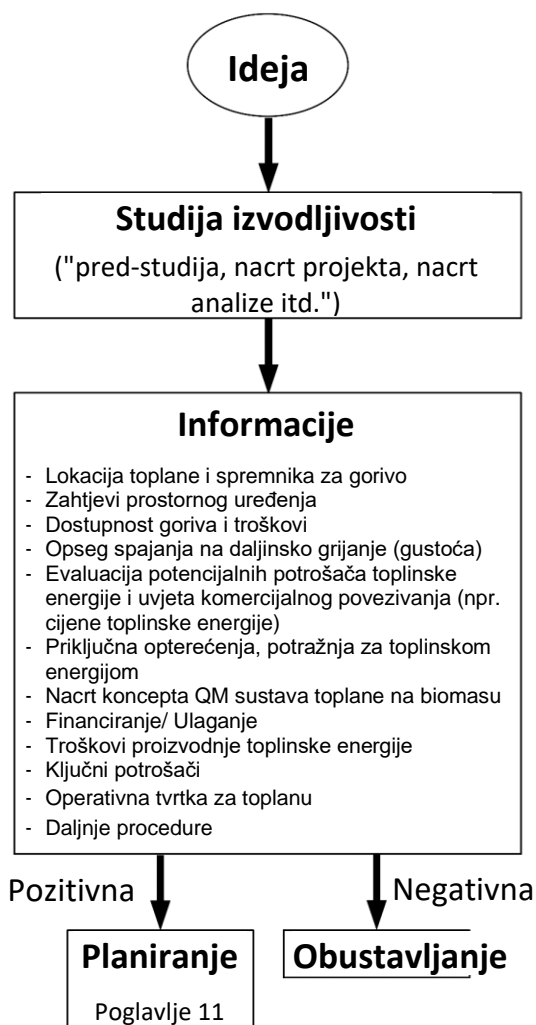


Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1 5** Projektne faze i pregled različitih dionika [18]

3.2 Studija izvodljivosti

Osnova za temeljnu odluku o tome treba li ideju slijediti ili odbaciti obično je studija izvodljivosti (drugi pojmovi su preliminarna studija, gruba analiza, preliminarno planiranje, priprema projekata i planiranja itd.). Studija izvedivosti služi za stvaranje pouzdane osnove za odlučivanje o provedbi projekta ili ne.

Budući da su centralizirani toplinski sustavi na biomasu dugoročni infrastrukturni projekti s visokim početnim ulaganjem, studija izvodljivosti od velike je važnosti i u skladu s tim treba je pripremiti sveobuhvatno i od strane stručnjaka. Ne uključuje detaljno ili provedbeno planiranje i ni na koji ga način ne može zamijeniti.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..2 6** Integracija studije izvodljivosti u razvoj projekta.

Studija izvodljivosti obično se provodi još uvijek bez operativne tvrtke (sponzorstva) i bez projektnog jamstva. Stoga je njezino financiranje često izazov. Ako su općine ili tvrtke za opskrbu energijom uključene u ideju projekta, one ponekad preuzimaju financiranje. Postoji i mogućnost korištenja jeftinih konzultanata iz strukovnih udruga, energetskih agencija itd. za potporu ranoj fazi

razvoja projekata. Ponekad su uredi za planiranje inicijatori projektne ideje i plaćaju unaprijed. Ovisno o okvirnim uvjetima za pojedine zemlje, moguće je i sudjelovanje ili financiranje od strane savezne vlade, saveznih država/kantona ili drugih agencija u financiranju.

Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..2 6** . prikazano je koja pitanja treba razjasniti u studiji izvodljivosti kako bi odluka bila moguća. Međutim, one se uvijek moraju definirati od slučaja do slučaja. Razvoj projekta i naknadni postupak planiranja mogu se poduprijeti pratećom analizom rizika kako bi se mogli utvrditi i razmotriti potencijalni rizici u ranoj fazi.

3.2.1 Lokacija centralne toplane i skladištenje goriva

Zbog intenzivne građevinske aktivnosti i širenja stambenih područja sve je teže pronaći prikladne lokacije za toplane i za skladištenje goriva. Stoga su idealne lokacije komercijalna i industrijska područja, postojeći centri za proširenje ili spajanje dvaju ili više postojećih toplana. Za prihvaćanje daljnjeg razvoja projekta, korisno je ako se u sklopu studije izvodljivosti ocjenjuje nekoliko lokacija. Stoga je evaluacija mogućih lokacija za toplanu i skladištenje goriva jedna od prvih i najvažnijih zadaća u kontekstu razvoja projekta te bi se trebala rješavati kao prvi korak istraživanja. Danas treba imati na umu da sve više mještana podnosi svoje pravo na žalbu, (npr. smeta im toplana u blizini njihovog stanovanja i sl.). Što je toplana veća, to je taj aspekt važniji. Najvažniji kriteriji za odabir lokacije su:

- Prostorni uvjeti i postojeća infrastruktura (struja, voda, kanalizacija, telekomunikacije itd.)
- Prikladan pristup za isporuku goriva (npr. izbjegavanje pristupa kroz stambena područja, školska dvorišta itd.)
- Sigurnost opskrbe gorivom
- Topografija (npr. nepovoljna u podnožju naseljenih padina)
- Smjer vjetra
- Vlasništvo
- Blizina opskrbnog područja (izbjegavanje dugih cijevi za centralizirano grijanje)

3.2.2 Zahtjevi za prostorno planiranje

Kao dio evaluacije lokacije, također se mora ispitati usklađenost planiranog područja sa državnim vlasništvom i specifičnim okvirnim uvjetima prostornog planiranja. Mjesta u poljoprivrednoj zoni ili šumi zahtijevaju odobrenje i postupke promjene područja za namjenu – izgradnju postrojenja. Vrijeme potrebno za to mora se uzeti u obzir za razvoj projekta.

3.2.3 Dostupnost goriva

Regionalnost je važan argument za razvoj projekta toplane na biomasu. Stoga se regionalna dostupnost goriva i sigurnost opskrbe moraju razjasniti u ranoj fazi. To posebno uključuje kvalitetu i troškove. Često je preporučljivo potpisati preliminarne ugovore s potencijalnim dobavljačima goriva. U slučaju velikih postrojenja na biomasu, preporučljivo je provjeriti opskrbu gorivom (vidi poglavlje 4).

3.2.4 Opseg spajanja na toplovod i interes za povezivanjem potencijalnih potrošača

Uz pomoć linearne toplinske gustoće (vidi poglavlje 12.) može se lako definirati početni, privremeni opseg priključka. U idealnom slučaju, to je grupirano oko etabliranih velikih potrošača zainteresiranih za priključak na daljinsko grijanje (ključni kupci), koji čine okvir mreže grijanja. Interes među ključnim krajnjim potrošačima određuje se anketom, ako već nije poznat. Najvažniji parametri ankete su:

- Osnovni interes za spajanjem na daljinsko grijanje
- Očekivano vrijeme povezivanja
- Prosječna prethodna konačna potražnja za toplinskom energijom
- Starost postojećeg sustava grijanja
- Planirana dogradnja ili obnova sustava grijanja.

Pitanje o osnovnom interesu za spajanjem na toplovod na početku se postavlja bez navođenja obavezujućih cijena grijanja jer se one mogu detaljno odrediti tek nakon što projekt dosegne određenu fazu razvoja. Odgovori stoga nisu obavezujući i nisu baš pouzdani. Odluka o povezivanju prvenstveno ovisi o troškovima proizvodnje toplinske energije. Oni su određeni brojem svojstava koja treba spojiti, kao i povezanim opterećenjem i datumom povezivanja. Stoga su krajnji potrošači iznimno važni. Detaljan postupak naveden je i u Priručniku o planiranju centraliziranih toplinskih sustava na biomasu [19].

Rezultati ankete mogu se upotrijebiti za određivanje početnih referentnih vrijednosti za povezano opterećenje i potražnju za energijom te za izradu početne procjene potražnje (vidi poglavlje 11).

3.2.5 Nacrt koncepta

Preporučljivo je sastaviti početni koncept nacrt za toplanu u vrlo ranoj fazi. Time se osigurava da se, s jedne strane, odmah na početku uzmu u obzir standardi i zahtjevi QM-a za postrojenja za biomasu i, s druge strane, odgovarajući zakonski propisi (npr. kontrola onečišćenja zraka, zbrinjavanje pepela).

3.2.6 Troškovi ulaganja i proizvodnje toplinske energije

Troškovi ulaganja i proizvodnje toplinske energije procjenjuju se na temelju ponuda, iskustva i referentnih vrijednosti. Troškovi proizvodnje toplinske energije omogućuju da se neobvezujući priključni interesi registrirani u prvom pregledu potražnje za toplinskom toplotom potkrjepljuju troškovima kako bi se ponovno ispitao interes potencijalnih korisnika toplinske energije.

Informativni sastanci s potencijalnim potrošačima pokazali su se dobrom idejom. Takvi događaji služe i za stjecanje dodatnih krajnjih korisnika.

Troškove grijanja trebalo bi navesti u obliku trodijelne tarife za toplinsku energiju (vidi poglavlje **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.**) i usporediti s troškovima drugih vrsta energenta - grijanja.

3.3 Ostali aspekti

3.3.1 Financiranje

Ulaganja se često financiraju jednokratnim naknadama za povezivanje, vlastitim sredstvima, subvencijama i zajmovima. U idealnom slučaju oko 25 % troškova ulaganja pokriveno je jednokratnim naknadama za povezivanje. U slučaju financijske potpore javnog sektora, uvjeti bankovnih kredita postaju znatno povoljniji. Financiranje putem providnih zaklada (npr. mirovinskih fondova) "zelenih" ili održivih oblika ulaganja (fondovi, obveznice itd.) ili modela sudjelovanja građana također može biti zanimljivo.

3.3.2 Operativna tvrtka

U načelu, sljedeći oblici poslovnih subjekata prikladni su kao operativna društva:

- Privatna tvrtka
 - Samostalno poduzetništvo
 - Partnerstva (npr. partnerstvo u građanskom pravu)
 - Korporacije (npr. javno društvo s ograničenom odgovornošću, društvo s ograničenom odgovornošću)
 - Zadruga
- Javno poduzeće
 - Obrazac koji nije uređen privatnim pravom (npr. općinsko vlastito poduzeće)
 - Obrazac privatnog prava (npr. isključivo javno društvo s ograničenom odgovornošću)

Najprikladniji oblik poduzeća ovisi o različitim čimbenicima (financiranje, struktura kupaca, uloga javnog sektora itd.) i uvijek se mora razjasniti od slučaja do slučaja. Ako nije moguće osnovati zasebno operativno društvo, ugovaranje je dodatna alternativa.

3.3.3 Čimbenici uspjeha i "kamen spoticanja"

Najvažniji **čimbenici uspjeha** u ranoj fazi razvoja projekta su, prema izvješću "Sozioökonomische Aspekte thermischer Netze" [18]:

- Izrada profesionalnih projekata i studija izvodljivosti
- Razmatranje socioekonomskih aspekata
- Identifikacija i klasifikacija dionika s obzirom na motivaciju, prostor za djelovanje i mehanizme donošenja odluka
- Rano pojašnjenje odgovornosti
- Komunikacija jasnih referentnih vrijednosti od samog početka (npr. ciljne vrijednosti za gustoću distribucijske mreže, troškovi proizvodnje toplinske energije, potreban napredak u povezivanju itd.).
- Ključni kupci/krajnji potrošači
- Posjeti postojećim, primjerima dobre prakse od strane nadležnih tijela, rezidenta i drugih zainteresiranih strana
- Osoba koja pokreće projekt
- Korak po korak proširenje mreže centraliziranog grijanja
- Potpora javnih tijela
- Isticanje koristi za šumu
- Rane, transparentne informacije
- Isticanje prednosti bioomase: obnovljiva energija, CO₂ neutralna i klimatski prihvatljiva, regionalna vrijednost i drugo

Najvažniji **"kamen spoticanja"** u ranoj fazi razvoja projekta su, prema izvješću "Risiken bei thermischen Netzen" [20]:

- Nedovoljne ili zakašnjele informacije
- Precjenjivanje povezivanja na distribucijsku mrežu
- Prigovori i pritužbe
- Vremensko ograničenje (radovi na cesti, ključni kupci itd.)
- Smanjenje na jedan aspekt (npr. emisije fine prašine)
- Strah od ovisnosti
- Komunikacija loših primjera
- Negativna komunikacija putem medija i sl.

2. dio - Osnove

4 Energija iz biomase

4.1 Uvod

Kvaliteta goriva ključna je za dobar rad toplane za biomasu. Ne samo troškovi goriva, već i kvaliteta korištenog drva utječu na troškove rada i održavanja, kao i na učinkovitost postrojenja i stvaranje onečišćujućih tvari u zraku. Parametri kvalitete stoga su sve važnije točke u ugovorima o opskrbi između poduzeća koja posluju s postrojenjima i opskrbljivača gorivom.

Osim antropogenih utjecaja (npr. kontaminacija mineralnim materijalom kao što su šljunak ili tlo iz skladišta), uglavnom su prirodni parametri odlučujući za kvalitetu biomase. Prirodno određeni sastav goriva utječe na tri bitna aspekta u radu toplana za biomasu. Neto kalorijska vrijednost (NCV) [MJ/kg] u velikoj je mjeri određena zapaljivim drvenim komponentama ugljika i vodika. Smanjuje se s povećanjem sadržaja vode i pepela. Sadržaj i sastav pepela utječu na procese troske i naslaga onečišćenja, kao i na koroziju te stoga utječu na troškove održavanja.

Emisije dušikovog oksida i prašine izravno su povezane s kvalitetom goriva. Ostale komponente ispušnih plinova (npr. CO_2 ili CO) ne ovise izravno o upotrijebljenom gorivu [21]. Sljedeće poglavlje namijenjeno je operatorima postrojenja da procijene kvalitetu goriva.

4.2 Kemijski sastav drvnih goriva

Drvo kao gorivo sastoji se uglavnom od elemenata ugljika, vodika i Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 2).** Ovisno o vrsti goriva, dušik i sumpor mogu se pojaviti i u koncentracijama $> 1\%$. Kalorijska vrijednost u osnovi je određena sadržajem ugljika i vodika. Kisik vezan u gorivu podržava proces oksidacije. Sumpor doprinosi kalorijskom vrijednosti goriva i oksidira se na SO_2 ili SO_3 . Nakon izgaranja može dalje reagirati na formiranje drugih spojeva. Sumporni oksidi (SOX) nepoželjne su emisijske komponente jer onečišćuju zrak. Dušik vezan u gorivu bitan je čimbenik u stvaranju neželjenih emisija dušikovog oksida (NOx) za centralizirane toplinske sustave na biomasu.

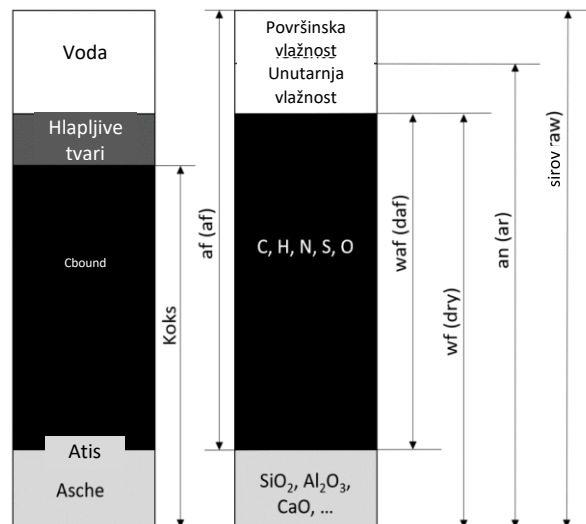
Sekundarni elementi su odlučujući faktori za stvaranje pepela. Sadržaj pepela u gorivu utječe na kalorijsku vrijednost i, zajedno s tehnologijom postrojenja, utječe na emisije prašine. Osim toga, sadržaj pepela i sastav pepela značajno utječu na varijable s obzirom naslage onečišćenja i troske kotla na biomasu. Posebna pozornost posvećuje se elementima kalija, natrija, klora i sumpora. Dva elementa kalij i natrij doprinose snižavanju točke omekšavanja pepela. Oni utječu na

korozijske procese, naslage onečišćenja (npr. na cijevima izmjenjivača topline) i trosku zbog stvaranja lužnatih klorida. Nepoželjni spojevi kao što su vodikov klorid (HCl) i dioksini i furani (PCDD/F) mogu se formirati iz klora vezanog u gorivu. Spojevi klora i sumpora imaju korozivan učinak.

Elementi u tragovima nalaze se u drvnim gorivima uglavnom u obliku teških metala koji se apsorbiraju iz okoliša tijekom rasta stabala. Oni mogu biti prisutni u gorivima u vrlo različitim koncentracijama i imaju toksični učinak. Nakon izgaranja teški metali (koji se isparavaju u dimnom plinu) kondenziraju se ili ad/apsorbiraju na pepeo, uz nekoliko iznimaka. Stoga su vezani u pepeo i mogu se ukloniti iz prirodnog ciklusa (npr. odlaganjem ili preradom). Kad je riječ o drvnim gorivima, teški metali utječu na kvalitetu pepela, posebno s obzirom na njihovu mogućnost recikliranja (vidi poglavlje 9).

4.3 Referentna stanja

Biogena kruta goriva sastoje se od zapaljivih i nezapaljivih tvari. Nezapaljive komponente sastoje se od komponenti vode i pepela goriva, dok organska komponenta oslobađa energiju u oksidacijskim procesima. Iako organska tvar, kao i sadržaj minerala i pepela obično leže unutar određenog raspona vrijednosti ovisno o uvjetima na lokaciji i vrstama drva, sadržaj vode može se uvelike razlikovati. Kako bi se mogle usporediti analize goriva, definirana su referentna stanja (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..7).**



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..71** Referencija stanja krutih goriva.
 sirovo: sirovo stanje
 an (ar): analiza vlage
 moistwf (suho): af bez vode
 (af):
 waf bez pepela (daf): bez vode i pepela

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.** 21 Kemijski sastav energetskog drva.

Kategorija	Glavni elementi	Sekundarni elementi	Elementi u tragovima
Elementi:	Ugljik C Kisik O Vodik H Dušik N	Fosfor P Kalij K Natrij na Sumpor S Kalcij Ca Silicij Si Magnezij mg Klor Cl	Bor B Bakreni Cu Željezni Fe Mangan Mn Cink Zn Potencijalni klijent Pb Krom Cr Arsen kao Cadmium Cd Ostali elementi
Ljestvica:	> 1 % ili > 10.000 mg/kg	0,01 - 1 % resp. 100 - 10.000 mg/kg	< 0,01 % resp. < 100 mg/kg
Utjecaj na:	Energetski sadržaj	Količina/ponašanje pepela, emisije, korozija	Iskorištenost pepela, emisije

Na primjer, neto kalorijska vrijednost za uzorak goriva u bezvodnom stanju je $NCV_{wf} = 19$ MJ/kg. Kada se isporučiti u toplinu, isti uzorak u sirovom stanju imao bi neto kalorijsku vrijednost $NCV_{raw} = 8,2$ MJ/kg sa sadržajem vode od 50 % i sadržajem pepela od 0,5 %. Za preciznu specifikaciju rezultata analize biogenih krutih goriva i za njihovu usporedbu razlikuje se pet referentnih stanja [22]:

- Sirovo stanje - sirovo (sirovo)
- Analiza vlage - am (kao što je primljeno): uzorak u suhom stanju
- Bezvodno - wf (suho, d): specifikacija se odnosi na suho gorivo
- Bez pepela (af): specifikacija se odnosi na gorivo bez pepela.
- Voda i pepeo - daf (suhi, bez pepela): specifikacija se odnosi na gorivo bez vode i pepela.

Moguća je **konverzija rezultata analize** povezanih s različitim stanjima goriva sa sljedeće tri formule.

$$X_{wf} = \frac{x_i}{1 - Y_{H_2O,1}}$$

$$X_{af} = \frac{x_i}{1 - Y_{A,1}}$$

$$X_{daf} = \frac{x_i}{1 - Y_{A,1} - Y_{H_2O,1}}$$

x_i Parametar u referentnom stanju i

Y_{xi} Maseni udio parametra goriva X u referentnom stanju i [kg/kg] (A ... Pepeo)

Neto kalorijska vrijednost uzima u obzir entalpiju isparavanja vode sadržane u gorivu (2.441 MJ/kg H_2O).

$$NCV_{daf} = \frac{NCV + 2.441 \cdot Y_{H_2O}}{1 - Y_A - Y_{H_2O}} \left[\frac{MJ}{kg} \right]$$

4.4 Važni parametri

4.4.1 Udio vode i vlage u drvu

Drvena goriva uvijek sadrže određenu količinu vode, koja uvelike varira ovisno o vrsti drva, vremenu sječe, mjestu skladištenja i trajanju i ima značajan utjecaj na kvalitetu izgaranja drva. Sadržaj vode sastoji se od površinske vlage drva (uzrokovane, između ostalog, vanjskim utjecajima kao što su oborine) i unutarnje vlage (pohranjena voda u staničnim zidovima, staničnim šuplinama i staničnim međuprostorima).

Sadržaj vode označen je ili kao sadržaj vode ili kao sadržaj vlage u drvu (također vlažnost drva). Te se specifikacije razlikuju po različitim referentnim vrijednostima. U skladu s DIN EN ISO 17225, daju se u postotku mase (wt-%) [23]. Sadržaj **vode M** najvažniji je parametar kvalitete za drvena goriva. Opisuje vodu m_w u vlažnom gorivu u odnosu na njezinu ukupnu masu, koja se sastoji od mase bezvodnog goriva m_B i vodenog m_w sadržanog u njemu.

$$Y_{H_2O} = \frac{m_w}{m_B + m_w}$$

$$M = \frac{m_w}{m_B + m_w} \cdot 100$$

Y_{H_2O} Maseni udio vode u gorivu [kg/kg].

M Sadržaj vode [wt-%]

u Vlaga u drvu [wt-%]

m_w Masa vode u gorivu [kg]

m_B Masa bezvodnog goriva (biomase) [kg]

Nasuprot tome, **vlaga u drvu u** opisuje količinu vode vezanu u gorivu, koja se odnosi na bezvodnu količinu goriva m_B . Vrijednosti > 100% stoga su vam moguće.

$$u = \frac{m_w}{m_B} \cdot 100$$

U području potrošnje energije, indikacija sadržaja vode postala je široko prihvaćena. Indikacija sadržaja vlage u drvu prilično je neuobičajena izvan tradicionalnog šumarstva. Vлага u drvu može se izračunati iz navedenog sadržaja vode i obrnuto (Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 3).**).

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 3** Konverzija sadržaja vode M - vlaga u drvu u.

Udio vode M [%]	Udio vlage u drvu u [%]
0	0
20	25
25	33
40	67
50	100
60	150

4.4.2 Udio pepela

Udio pepela je količina pepela koja ostaje kada je gorivo potpuno izgorjelo. Pepeo sadržan u gorivu sastoji se od njegovog anorganskog dijela, uglavnom manjih elemenata navedenih u poglavlju 4.2 kao što su silicij, kalij ili natrij. Pepeo također sadrži veliki dio elemenata u tragovima ili teških metala koji se talože na pepelu nakon izgaranja. Na primjer, ako koncentracija željeza u gorivu iznosi 50 mg/kg (wf), sadržaj pepela u gorivu od 0,5 % (wf) (tj. 5 g pepela na 1 kg bezvodnog goriva) povećava koncentraciju željeza u pepelu (pod pretpostavkom da je željezo u potpunosti prisutno u pepelu kao Fe_2O_3 99).

Sadržaj pepela A izračunava se iz mase pepela u gorivu u odnosu na masu upotrijebljenog goriva $m_{B,i}$ (navodeći referentno stanje i).

$$Y_{\text{Ash}} = \frac{m_A}{m_{B,i}}$$

$$A = \frac{m_A}{m_{B,i}} * 100$$

- Y_{Ash} Maseni udio pepela u gorivu [kg/kg].
- A Sadržaj pepela [wt-%]
- m_A Masa pepela u gorivu [kg]
- $m_{B,i}$ Masa goriva u referentnom stanju [kg].

4.4.3 Neto i bruto kalorijska vrijednost

Toplina koja se oslobađa tijekom (potpunog) izgaranja drvnih goriva daje se kao neto kalorijska vrijednost (NCV) ili bruto kalorijska vrijednost (GCV). Bruto kalorijska vrijednost (također "veća vrijednost grijanja") opisuje apsolutnu količinu energije koja se oslobađa tijekom izgaranja određene količine goriva [MJ/kg]. Osim oslobođene osjetljive topline, ova vrijednost uključuje i energiju koja je u obliku vodene pare u dimnom plinu (latentna toplina) i može se koristiti kondenzacijom ("tehnologija kondenzacije"). U sustavima izgaranja

biomase voda obično bježi s dimnim plinom u obliku pare. Entalpija isparavanja vode koja se ispušta tijekom kondenzacije stoga se ne može koristiti. Stoga se energetska vrijednost drva obično daje kao neto kalorijska vrijednost (također "niža vrijednost grijanja"). Ta vrijednost označava energetska sadržaj goriva [MJ/kg] umanjenu za količinu energije sadržane u dimnom plinu u obliku vodene pare. Linearno ovisi o sadržaju vode u gorivu (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 8).**

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 4** . ilustrira utjecaj udjela vode na kalorijsku vrijednost.

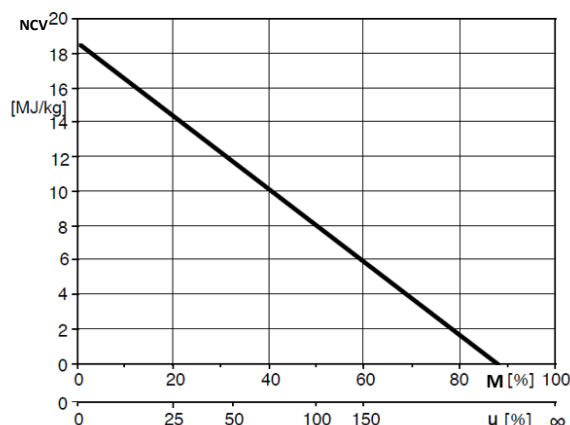
Kalorijska vrijednost kalorično se određuje u laboratoriju prema EN ISO 18125:2017-08 [24]. Tijekom izgaranja drva, vodena para se proizvodi s jedne strane iz vode sadržane u gorivu, a s druge strane od reakcije vodika vezanog u gorivo kisikom. Za izračun neto kalorijske vrijednosti (NCV) od bruto kalorijske vrijednosti (GCV), količina energije koja se oslobađa tijekom kondenzacije ove vodene pare oduzima se od GCV-a.

$$\text{NCV} = \text{GCV} - h_v * Y_w \left[\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right]$$

$$Y_w = \frac{M_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2}} * Y_{\text{H}_2} + Y_{\text{H}_2\text{O}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{kg}} \right]$$

$$\text{NCV} = \text{GCV} - 2.441 * (8.937 * Y_{\text{H}_2} + Y_{\text{H}_2\text{O}}) \left[\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right]$$

- Y_w Specifičan udio vode u ispušnim plinovima tijekom potpunog izgaranja [kg/kg].
- h_v Entalpija isparavanja vode $h_v = 2.441 \text{ MJ/kg}$
- M_i Molekularna masa parametra goriva i [kg/kmol].
- y_i Maseni udio parametra goriva i [kg/kg]



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 8** Neto kalorijska vrijednost (NCV) drva kao funkcija udjela vode M i vlage u drvu u.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 43** Kalorijska vrijednost drva kao funkcija sadržaja vode M za različite vrste drveća i mjerne jedinice. Pretpostavka za kalorijsku vrijednost u kWh/kg (bezvodna referentna osnova): 5,2 za meko drvo i 5,0 za tvrdo drvo [25].

Udio vode M u [wt-%]		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Vrsta stabla/gustoća ¹⁾	Mjerna jed.	Neto kalorijska vrijednost kao funkcija udjela vode M												
Smreka 379 kgwt/fm	kWh/kg	5.20	4.91	4.61	4.32	4.02	3.73	3.44	3.14	2.85	2.55	2.26	1.97	1.67
	kWh/fm	1,97	1,95	1,94	1,92	1,90	1,88	1,86	1,83	1,79	1,76	1,71	1,65	1,58
	kWh/rm	1	7	2	5	6	5	0	2	9	0	3	6	4
	kWh/LC	1,38	1,37	1,36	1,34	1,33	1,31	1,30	1,28	1,25	1,23	1,19	1,15	1,10
	M	0	0	0	8	4	9	2	2	9	2	9	9	9
		788	783	777	770	763	754	744	733	720	704	685	662	634
Bor 431 kgwt/fm	kWh/kg	5.20	4.91	4.61	4.32	4.02	3.73	3.44	3.14	2.85	2.55	2.26	1.97	1.67
	kWh/fm	2,24	2,22	2,20	2,18	2,16	2,14	2,11	2,08	2,04	2,00	1,94	1,88	1,80
	kWh/rm	1	6	9	9	8	4	6	3	6	1	8	3	2
	kWh/LC	1,56	1,55	1,54	1,53	1,51	1,50	1,48	1,45	1,43	1,40	1,36	1,31	1,26
	M	9	8	6	3	8	0	1	8	2	1	4	8	1
		896	890	883	876	867	857	846	833	818	801	779	753	721
Bukva 558 kgwt/fm	kWh/kg	5.00	4.72	4.43	4.15	3.86	3.58	3.30	3.01	2.73	2.44	2.16	1.88	1.59
	kWh/fm	2,79	2,77	2,74	2,72	2,69	2,66	2,62	2,58	2,53	2,48	2,41	2,32	2,22
	kWh/rm	0	0	8	3	5	4	7	6	7	0	1	6	1
	kWh/LC	1,95	1,93	1,92	1,90	1,88	1,86	1,83	1,81	1,77	1,73	1,68	1,62	1,55
	M	3	9	3	6	7	4	9	0	6	6	7	8	5
		1,11	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06	1,05	1,03	1,01	992	964	930	888
Hrast 571 kgwt/fm	kWh/kg	5.00	4.72	4.43	4.15	3.86	3.58	3.30	3.01	2.73	2.44	2.16	1.88	1.59
	kWh/fm	2,85	2,83	2,81	2,78	2,75	2,72	2,68	2,64	2,59	2,53	2,46	2,38	2,27
	kWh/rm	5	5	2	6	8	6	9	6	6	7	7	0	3
	kWh/LC	1,99	1,98	1,96	1,95	1,93	1,90	1,88	1,85	1,81	1,77	1,72	1,66	1,59
	M	9	4	8	1	1	8	2	2	7	6	7	6	1
		1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,07	1,05	1,03	1,01	987	952	909
Topola 353 kgwt/fm	kWh/kg	5.00	4.72	4.43	4.15	3.86	3.58	3.30	3.01	2.73	2.44	2.16	1.88	1.59
	kWh/fm	1,76	1,75	1,73	1,72	1,70	1,68	1,66	1,63	1,60	1,56	1,52	1,47	1,40
	kWh/rm	5	2	8	3	5	5	2	6	5	9	5	2	5
	kWh/LC	1,23	1,22	1,21	1,20	1,19	1,17	1,16	1,14	1,12	1,09	1,06	1,03	983
	M	6	7	7	6	3	9	3	5	3	8	7	0	
		706	701	695	689	682	674	665	654	642	627	610	589	562

¹⁾ Vrijednosti za kg (wf) po fm bez sušenja skupljanja (gustoća) [26].

Vrijednosti grijanja za kubični metar (rm) izračunate su kao paušalna stopa od 0,7 fm/rm, a za nasipne kubične metre (LCM) drvene sječke kao 0,4 fm/LCM (za klasu veličine čestica P16S).

4.4.4 Specifikacije volumena

Kao što je prikazano u 4.4.3., kalorijska vrijednost povezana je s masom goriva i snažno ovisi o sadržaju vode. Međutim, vaganje isporučenih količina goriva često nije moguće za manja postrojenja jer infrastrukture nema ili je preskupa. Stoga je uobičajena praksa, posebno za manja postrojenja, procijeniti količine goriva na osnovi volumena i naplatiti ih na taj način. Postoje različite specifikacije volumena iz šumarstva i drvene industrije koje se obično koriste u vezi s drvom (vidi

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 5).**

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 54**
Specifikacije volumena za energetska drvo [27]

Specifikacija volumena	Definicija	Jedini ca
Čvrsti kubični metri	Zaliha drva u složaju, 1 m ³ odgovara 1 m ³ mase masivnog drva, u slučaju	fm, m ³

	slojevitog drva bez razmaka između.	
Kubik	Slojevito drvo; odgovara 1 m ³ uključujući razmake između (oko 0,8 fm)	Rm
Nasipni kubični metri (rasuti kubični metri)	Iskrkana količina drva; koristi se za trupce, drvenu sječku, strugotine ili slično (približno 0,4 fm)	LCM (njemački: Srm)

Važan parametar je gustoća goriva [kg/LCM]. Na to uglavnom utječe fizička gustoća [kg/m³], koja uvelike ovisi o vrsti drva i udjelu vode. Gustoća mase također uzima u obzir kvrgavost prerađenog goriva. U slučaju drvne sječke i isjeckanog materijala, utječe na automatizirani spremnik za punjenje goriva. Gustoća ili gustoća rasutog tereta zajedno s kalorijskom vrijednošću određuju gustoću energije povezanu s volumenom [MJ/m³] ili [kWh/m³] goriva (vidi Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..5**). To je važan parametar za procjenu troškova skladištenja i prijevoza. Masa goriva m može se izračunati iz gustoće goriva ρ i volumena V ($m = V \cdot \rho$).

Međutim, gustoća mase smatra se vrlo nepreciznom količinom, jer ovisi o mnogim čimbenicima. Općenito je točno da neujednačene dimenzije goriva smanjuju gustoću rasutog tereta. Na homogenost drvne sječke utječu i proces pripreme goriva i sirovina. Obrada pomoću drobilica ili usitnjivača koji sporo rade dovodi do

izduženih, nehomogenih dimenzija s mnogo krhotina i izlizanih lomova. Nasipna gustoća takvog materijala manja je od drva obrađenog brzim bubnjevima drobilice za usitnjavanje, čija strugotina na kraju ima glađe rubove i veći udio sitnih čestica. Dok strugotine iz trupaca imaju ujednačene dimenzije, stanjivanje preostalog drva ili drvo brzo rastućih nasada sadrži različite stupnjeve finih i grubih čvorova, što također dovodi do vrlo različitih dimenzija. Osim toga, treba napomenuti da zbijanje rasutog materijala, na primjer korištenjem ujednačenih veličina čestica (manje zračnih praznina) ili pomicanje čestica tijekom transporta, smanjuje volumen rasutog materijala.

Za prenamjenu čvrstih kubičnih metara (neostvarivog drva) u rasute kubične metre (drvna sječka) može se koristiti prosječni faktor popuštanja od 2,8. Postupak određivanja gustoće rasutog tereta opisan je u normi EN ISO 17827 [28].

Ukratko, određivanje isporučenog volumena vrlo je jednostavno i jeftino. Međutim, obujam nije prikladan za navođenje energetske sadržaja ili cijena goriva. Zbog fluktuirajućih gustoća, gustoće rasutih tereta i udjela vode u gorivu, takve informacije su vrlo netočne. Precizna naznaka relevantnih parametara moguća je samo na temelju mase goriva i ovisno o odgovarajućem referentnom stanju ili udjelu vode. Iako je izračun po volumenu prikladan za projektiranje skladišnog prostora za gorivo i procjenu količina prijevoza, pokazao se neodgovarajućim za obračun (odjeljak 4.7).

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..5** Gustoća i sadržaj energije različitih energenata.

Energent /vrsta goriva	Udio vode [wt-%]	Gustoća mase [kg/LCM]	Energetski sadržaj [kWh/rm]	Volumen po energetske sadržaju [m ³ /MWh]
Drvna sječka (HH) ¹⁾	30	250 - 330	900 - 1,100	1.10 - 0.90
Drvna sječka (WH) ¹⁾	30	160 - 230	600 - 800	1.70 - 1.25
Kora (HH)	50	500	1,000	1.00
Kora (WH)	50	320	750	1.33
Piljevina (HH)	40	230 - 270	650 - 750	1.50 - 1.33
Piljevina (WH)	40	150 - 190	450 - 550	2.20 - 1.80
Piljevina	15	170	717	1.39
Drvene strugotine	15	90	380	2.63
Briketi	2	900 - 1,500	4,500 - 7,500	0.17
Peleti	2	670	3,000 - 3,500	0.30
Tvrđi ugljen	-	870	8,300	0.12
Lož ulje (dodatno svjetlo) ²⁾	-	840	10,000	0.10

¹⁾ HH: tvrdo drvo, WH: meko drvo; ²⁾ LCM je m³

4.5 Opskrba gorivom za automatske sustave za loženje drva

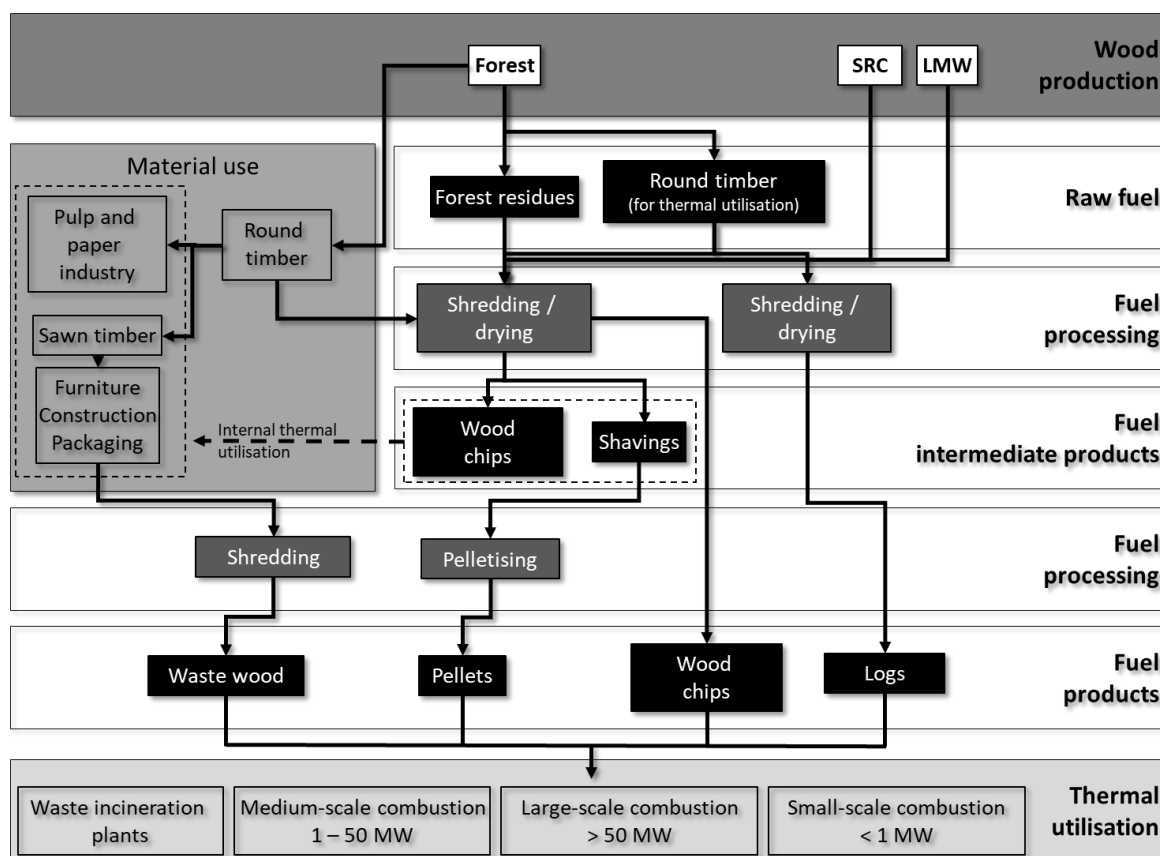
4.5.1 Pregled

Drvo koje se koristi za opskrbu energijom (osim usjeva kratke rotacije) akumulira se kao ostatak ili su proizvod iz prerade drva ili tijekom gospodarenja šumama (npr. stanjivanje stabala). Različiti izvori, putovi prerade i uporabe prikazani su na Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..9** DIN EN ISO 17225 [23] "Biogena kruta goriva - Specifikacije goriva i klase" sukcesivno su prošireni od 2014. i sadrže klasifikacije različitih drvnih goriva:

- 1. dio: Opći zahtjevi
- 2. dio: Klasifikacija drvenih peleta
- 3. dio: Klasifikacija drvenih briketa
- 4. dio: Klasifikacija drvene sječke
- 5. dio: Klasifikacija neobrađenog (kvrgavog) drva
- 6. dio: Klasifikacija ne drvenih peleta
- 7. dio: Klasifikacija ne drvenih briketa
- 8. dio: Klasifikacija termički obrađenih i prešanih goriva od biomase

- 9. dio: Klasifikacija grubo usitnjenog drva i drvene sječke za industrijsku uporabu

Protok materijala drva koje se koristi za opskrbu energijom može se dodijeliti trima izvorima sirovina: (1) šumarstvu (2) uzgoju drva u plantažama kratke rotacije (SRC), (3) akumulaciji kao rezidualnom materijalu u upravljanju krajobrazom (LMW). Dok se četinjače posebno stavljaju u uporabu materijala nakon berbe, različite kategorije drva za energiju proizvode se u šumi i tijekom prerade drva. Različiti koraci prerade proizvode intermedijarne proizvode koji se koriste kao gorivo unutar drvno-prerađivačke industrije kako bi pokrili vlastite energetske potrebe. Osim ove interne uporabe, drvo iz šumarstva prerađuje se u krajnje proizvode i isporučuje krajnjim kupcima u obliku trupaca, peleta i usitnjenog i isjeckanog materijala. SRC drvo se obično usitnjava neposredno nakon sječe i isporučuje (velikim) potrošačima u obliku drvene sječke. Sličan proces postoji i za drvo za održavanje krajobrazu, koje se obično skuplja na sabirnim mjestima nakon mjera održavanja i isporučuje kao isjeckani materijal za energetske uporabu. Nakon uklanjanja iz ciklusa uporabe materijala, otpadno drvo šalje se u prikladna postrojenja za energetske namjene (vidi Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..9**).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..93** Materijalni dijagram protoka iz drva.

4.5.2 Sortimenti drva

Šumski ostaci i okruglo drvo: Korištenjem i održavanjem šuma proizvode se takozvani šumski ostaci koji se energetske koriste. To je preostalo drvo od stanjivanja, a drugo ostaci vađenja drva debla za uporabu drva kao materijala (uglavnom krunskog drva). Zbog svojih malih promjera, oba asortimana često imaju visok sadržaj kore i, osobito u slučaju crnogoričnih šuma, veći sadržaj igle, te na taj način postavljaju povećane zahtjeve biljnoj tehnologiji. Nadalje, energično se koristi okruglo drvo od ciljanog uklanjanja slabih trupaca. U većini slučajeva, komponente drveća s visokim sadržajem pepela kao što su iglice, grančice i grane ostaju iza, što rezultira visokokvalitetnim gorivom.

Gorivo iz kratkih ophodnji – rotacija (SRC): U kratkim rotacijama plantaža, brzorastuće šume kao što su topola ili vrba obično se uzgajaju s ciljem energetske uporabe. Berba se uglavnom odvija zimi, odnosno kada su stabla bez lišća. Sadržaj vode u drvnj sječki iz SRC-a obično je veći od sadržaja svježje ubrane drvene sječke iz šumskih ostataka i okruglog drva. SRC drvo također ima relativno nisku sirovu gustoću; to i visok udio vode trebalo bi uzeti u obzir, posebno u računanju na temelju obujma. Sadržaj pepela u drvnj sječki općenito je usporediv s sadržajem šumskih ostataka zbog povećanog sadržaja kore i finih grana u oba asortimana. Isto tako, kalorijska vrijednost (bezvodna referentna osnova) usporediva je s vrijednošću šumskih ostataka. Ne preporučuje se spaljivanje svježje ubrane drvene sječke, osobito u manjim pećima, jer proizvođači često navode uporabu goriva s nižim sadržajem vode (najviše 30 do 35 %). Željeni sadržaj vode može se postići (prirodnim) sušenjem ili miješanjem SRC drvene sječke sa suhim gorivima [29].

Drvo iz održavanja krajobraza (LMW): Drvo za održavanje krajolika dolazi od održavanja živica i nasipa duž prometnih područja (ceste, željeznice i plovni

putovi), dalekovoda i zelenih površina u urbanim područjima. Sastav može biti vrlo različit, na primjer, osim mekog drva (npr. joha, topola i vrba), nakuplja se i tvrdo drvo (npr. javor, lijeska, grab). U komunalnom sektoru, vrtni i parkovni otpad, kao i reznice grmlja prikupljaju se odvojeno putem sustava preuzimanja ili isporuke. Ovaj zeleni otpad sadrži (osobito ljeti) visok udio zeljastog materijala koji je pogodan za recikliranje kompostiranjem ili fermentacijom. Drvenasti dio, koji se više nakuplja zimi, važan je za termičko recikliranje [30]. Stručna literatura često ukazuje na djelomično povećan sadržaj onečišćujućih tvari kao što su pepeo, teški metali ili klor u drvu iz održavanja krajobraza, što može dovesti do povećanih zahtjeva za postupke odobravanja i tehnologiju postrojenja [31]. Međutim, izmjereni sadržaj klora u drvu iz održavanja krajobraza usporediv je s onima u šumskim sječama. Osim lokacije, odlučujući čimbenik je stoga koji se dijelovi stabla prerađuju u drvenu sječku. Povećan sadržaj pepela i klora pronađen je osobito u finijim granama koje imaju visok sadržaj kore u usporedbi s drvom [32].

Otpadno drvo: Drvo koje se koristi u materijalne svrhe postaje otpadno drvo na kraju svog korisnog vijeka trajanja. Ovo otpadno drvo dolazi iz različitih izvora i reciklira se u fazama. U tu svrhu prikuplja se i obrađuje na odgovarajućim mjestima. Ovdje su tokovi materijala podijeljeni s obzirom na njihovu daljnju uporabu: Nezagađeno otpadno drvo pogodno za uporabu materijala ponovno se koristi kao sekundarna sirovina. Prekomjerne količine ili kontaminirano otpadno drvo koje više nije prikladno za uporabu materijala unosi se u energetske uporabu [33]. Materijali prikupljeni pod pojmom "otpadno drvo" odlikuju se nehomogenošću, posebno u pogledu sadržaja i nečistoća stranih tvari. Razvrstavanje otpadnog drva prema podrijetlu, sastavu i kontaminaciji opasnim tvarima omogućuje njegovu podjelu u različite kategorije (Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**).

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**6 Katalog otpadnog drva u skladu s Europskim popisom otpada [34] i popisima o prijevozu otpada iz Saveznog odjela za okoliš, promet, energetiku i komunikacije [35]

Kategorija otpada (poglavlje popisa)	Kod za otpad	Opis
otpad od prerade drva, proizvodnje ploča, namještaja, celuloze i kartona	03 01 01	kora otpada i pluto
	03 01 04*	piljevina, strugotine, reznice, drvo, ploče i furnir koji sadrže opasne tvari
	03 01 05	piljevina, strugotine, reznice, drvo, ploča i furnir, osim onih navedenih u 03 01 04
	03 03 01	kora otpada i drvo
ambalaža (uključujući odvojeno prikupljeni komunalni ambalažni otpad)	15 01 03	drvena ambalaža
	15 01 10*	ambalaža koja sadrži ostatke ili onečišćene opasnim tvarima
građevinski otpad i otpad od rušenja (uključujući iskopano tlo s kontaminiranih lokacija)	17 02 01	drvo, umjesto ove oznake 17 02 97 ili 17 02 98 koristi se u Švicarskoj
	17 02 04*	staklo, plastika i drvo koje sadrži ili je kontaminirano opasnim tvarima
	17 02 97	CH: otpadno drvo s gradilišta, rušenja, obnove i prenamjene
	17 02 98*	CH: problematično otpadno drvo

otpada od mehaničke obrade	19 12 06*	drvo koje sadrži opasne tvari
	19 12 07	drvo osim onog spomenutog u 19 12 06
komunalni otpad (kućni otpad i sličan komercijalni, industrijski i institucionalni otpad), uključujući odvojeno prikupljene frakcije	20 01 37*	drvo koje sadrži opasne tvari
	20 01 38	drvo osim onog spomenutog u 20 01 37
	20 03 07	glomazni otpad

* otpad klasificiran kao opasan prema Europskom popisu otpada [34]

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 6** Primjeri klasifikacije otpadnog drva u Njemačkoj i Švicarskoj.

Njemačka		Švicarska		
Kategorija	Opis prema Altholzverordnung (AltholzV) – Pravilnik o otpadnom drvu	Opći opis	Luftreinhalteverordnung (LRV) - Pravilnik o kontroli onečišćenja zraka	
A I	Naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz - Prirodno ili samo mehanički obrađeno otpadno drvo	Naturbelassenes Waldholz - Prirodno šumsko drvo	Naturbelassenes Holz (stückig und nicht stückig) Bst. a+b	Holzbrennstoffe Anhang 5, Ziffer 31, Absatz 1
		Restholz aus Sägereien - Otpadno drvo iz pilana	Unbehandeltes AltholzBst d 1	
II.	Verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel. - Lijepljeno, obojeno, prevučeno, lakirano ili drukčije obrađeno otpadno drvo bez halogeno-organskih spojeva u premazu i bez konzervansa za drvo.	Restholz aus Zimmereien, Schreinereien - Otpadno drvo iz stolarija, Stolarije	Unbehandeltes AltholzBst d 1	AltholzBst
		Behandeltes Altholz ohne Holzschutzmittel, halogenorganischer Beschichtung oder PCB - Obađeno otpadno drvo bez konzervansa za drvo, halo-organski siguran premaz ili PCB	RestholzBst c	
III.	Altholz mit halogenorganischen Verbindungen u der Beschichtung ohne Holzschutzmittel. - Otpadno drvo s halogeno-organskim spojevima u premazu bez konzervansa za drvo	Behandeltes Altholz mit halogenorganischer Beschichtung, ohne Holzschutzmittel - Obađeno otpadno drvo s halogeno-organskim premazom, bez konzervansa za drvo	Problematische HolzabfälleBst b	Übrige Brennstoffe aus Holz, gelten nicht als Holzbrennstoffe Anhang 5, Ziffer 31, Absatz 2
IV.	Mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz [...] sowie sonstiges Altholz, das [...] nicht den Kategorien A I - A III zugeordnet werden kann, ausgenommen PCB-Altholz. - Otpadno drvo obrađeno konzervansima za drvo [...] i drugo otpadno drvo koje se [...] ne može dodijeliti kategorijama A I - A III, osim PCB otpadnog drva (koje sadrži poliklorirane bifenile i obuhvaćeno je odgovarajućim Pravilnikom o otpadu).	Beh. Altholz mit Holzschutzmittel - Obađeno otpadno drvo s konzervansom za drvo		
PCB-Altholz – PCB-otpadno drvo	Altholz, das PCB im Sinne der PCB/PCT-Abfallverordnung ist und nach deren Vorschriften zu entsorgen ist, insbesondere Dämm- und Schallschutzplatten, die mit Mitteln behandelt wurden, die polychlorierte Biphenyle enthalten. - Otpadno drvo koje je PCB u smislu Pravilnika o otpadu PCB/PCT i mora se zbrinuti u skladu sa svojim odredbama, posebno izolacijskim i zvučno izoliranim pločama koje su obrađene sredstvima koja sadrže poliklorirane bifenile.	MIT PCB behandelte Holzabfälle – Otpadno drvo obrađeno PCB-om		

U Njemačkoj, osim klasifikacije prema oznakama otpada, postoje klasifikacije u kategorijama otpadnog

drva (Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 6.**). U Švicarskoj se otpadno drvo ne

smatra drvnim gorivom, već otpadom u skladu s Pravilnikom o kontroli onečišćenja zraka (LRV) [36]. Otpadno drvo umjetna inteligencija i umjetna inteligencija prema razvrstavanju otpadnog drva u Njemačkoj odgovaraju otpadnom drvu dopuštenom u okviru LRV-a, koje se može spaliti u pećima na drva (Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 6). Za termičku uporabu kontaminiranih asortimana (npr. ostaci drva presvučenog PVC-om ili impregniranog tlakom) moraju se poštovati propisi za pojedine zemlje u pogledu biljne tehnologije i mjera zaštite emisija. Pojam industrijsko drvo ili ostaci pilane odnosi se na nusproizvod iz drveno-prerađivačke industrije koji je u svom prirodnom obliku isključivo priznata kao drveno gorivo. U Austriji se otpadno drvo također klasificira kao otpad, a ne kao gorivo, ali se pod proizvodi iz drveno-prerađivačke industrije mogu koristiti kao gorivo. Toplinska upotreba otpadnog drva odvija se gotovo isključivo u posebnim postrojenjima za spaljivanje otpadnog drva ili otpada, kao i u industrijskim postrojenjima za uporabu biogenih ostataka (npr. industrija papira i kartona). Međutim, zajedničko loženje neobrađenog otpadnog drva u postrojenjima na biomasu za daljinsko grijanje moguće je uz odgovarajuću službenu dozvolu.

4.5.3 Priprema goriva

Mehaničko usitnjavanje: Mehaničko usitnjavanje može se provesti prema dva osnovna načela (vidi Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**10).

- Postupak rezanja oštrim alatima (bubanj ili disk) za proizvodnju drvene sječke; drvena sječka ima dobro ponašanje protoka i čini homogeno gorivo; posebno se koristi za proizvodnju šumske sječke, u pilanama i postrojenjima za preradu drva. Drvena sječka prema ISO 17225-4 mora biti proizvedena s alatima za rezanje.
- Proces drobljenja tupim alatima (nazubljena drobilica s vijcima) za proizvodnju isjeckanog goriva. Isjeckani drveni dijelovi slabog su protoka i posebno su nehomogeni. Alat je manje osjetljiv na nečistoće i stoga se uglavnom koristi u sektoru održavanja krajobraza.

Sušenje i skladištenje: Skladištenje goriva važan je dio lanca opskrbe. Prvo, prirodni procesi sušenja koji se odvijaju tijekom skladištenja mogu poboljšati kvalitetu zbog smanjenja udjela vode. Skladištenje također igra važnu ulogu u održavanju opskrbe gorivom u skladu s potražnjom. U principu, postoje različite mogućnosti: Skladištenje prije ili nakon usitnjavanja, prirodno ili tehničko sušenje, skladištenje na otvorenom ili u skladištima. Moguće primjene, kao i prednosti i nedostaci odgovarajućih metoda opisani su u nastavku [37].



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**10 Različitosti između drvene sječke (izrezane oštrim alatima, lijevo) i isjeckanog drva (sjeckanog tupim alatom, desno).

Nakon sječe, drvo koje se usitnjava može se ostaviti u obliku složaja/hrpe nekoliko tjedana do mjeseci u prikladnom skladišnom prostoru. Prethodno sušenje omogućuje da udio vode padne s $< 50\%$ na $< 30\%$. Idealno mjesto za skladištenje prije sušenja treba biti dobro prozračeno i sunčano, u blizini šume, imati suho, propusno podzemlje i biti dostupno tijekom cijele godine.

Prirodno sušenje hrpe drvene sječke odvija se konvekcijom. Samo zagrijavanje u hrpi stvara temperaturnu razliku u okolini. Kao rezultat toga, topli zrak se diže iz hrpe i prenosi vlagu, hladniji i sušniji zrak teče bočno. Veličina i oblik hrpe drvene sječke igraju važnu ulogu. Oblik bi trebao biti poput krovnog profila ("šiljasti stožac"). To pogoduje konvekciji (učinak dimnjaka), a oborinska voda ne može se skupljati u udubljenjima na površini debla. Visina hrpe ne smije prelaziti četiri metra kako bi se izbjegao rizik od požara spontanom izgaranjem. Tehničko sušenje, s druge strane, mnogo je brže, ali ekonomičnije. Otpadna toplina iz elektrana kao što su BIOPLINSKI CHP-ovi ili solarno sušenje sa sakupljačima zraka [38] može se koristiti za sušenje.

Drvena sječka često se proizvodi od svježe posječenog drvnog materijala s visokim udjelom vode $> 50\%$ i čuva se dulje vrijeme u pokrivenom ili nepokrivenom privremenom skladištu ili u toplani prije uporabe. Prilikom skladištenja svježe drvene sječke s visokim udjelom vode mogu se pojaviti različiti problemi:

- Biološki procesi zagrijavaju hrpu drvene sječke, moguće je zapaljenje.
- Voda se kondenzira na vrhu punjenja i razvija se plijesan koja može biti štetna za zdravlje.
- Proces razgradnje i gljivice koje razgrađuju drvo smanjuju organsku tvar (smanjenje gustoće i povećanje udjela pepela); parametri goriva mogu se pogoršati (npr. nakupljanje dušika).

Te se opasnosti mogu smanjiti brzim sušenjem materijala na udio vode $< 30\%$ i skladištenjem u odgovarajućim uvjetima. Idealna je drvena sječka grubih i oštih rubova s niskim udjelom sitnih čestica. To osigurava dovoljno prostora za cirkulaciju zraka i uklanjanje vlage. Razdoblje skladištenja ne smije biti predugo, preporučuje se tri mjeseca. Treba slijediti odgovarajući slijed za pohranu i uporabu (načelo "prvi u - prvi van").

Za vanjsko skladištenje osigurajte da je tlo suho i da lokacija bude što sunčanija i izložena vjetru. Suprotno neasfaltiranim površinama, asfaltirane površine dostupne su tijekom cijele godine teškim teretnim vozilima. Šljunčane parcele pokazale su se učinkovitima jer ne zatvaraju površinu. Međutim, postoji mogućnost ovdje i na drugim neasfaltiranim mjestima da gorivo može biti kontaminirano nakupljanjem mineralnog tla, humusa ili kamenja. Kada se skladišti u zgradama kao što su posebni spremnici ili skladišta drvene sječke, gorivo je zaštićeno od oborina. Mora se osigurati dobra cirkulacija zraka kako bi se suzbilo stvaranje kondenzacijske vode i plijesni.

Prešanje/peletiranje: Peleti od drva na kruta goriva proizvode se prešanjem suhe prirodne piljevine ili strugotina od drva sa ili bez dodatka aditiva. DIN EN ISO 17225-2 sadrži zahtjeve za svojstva sirovina i peleta (promjer i duljina, sadržaj vode, sadržaj pepela i ponašanje taljenja, mehanička čvrstoća, aditivi, kalorijska vrijednost, gustoća rasutog tereta, sadržaj elemenata), razvrstani prema uporabi u komercijalne i domaće (A1, A2, B) i industrijske primjene (I1, I2, I3).

Iako su peleti vrlo suho gorivo, tijekom skladištenja se odvijaju procesi koji dovode do takozvanog otplinjavanja i samo zagrijavanja goriva. Ekstraktne tvari sadržane u drvu (smole, masti i slobodne masne kiseline) dopiru do površine goriva zbog visokih temperatura tijekom sušenja ili zbog djelovanja tlaka tijekom peletiranja i tako dolaze u dodir s atmosferskim kisikom. To pokreće reakcije oksidacije koje dovode do oslobađanja hlapljivih organskih ugljikovodika (HOS), ugljičnog monoksida (CO) i ugljičnog dioksida (CO₂). Nastali organski spojevi kao što su alirska kiselina i aldehidi mogu uzrokovati smetnje mirisa. Plinovi bez mirisa CO i CO₂ mogu dovesti do nedostatka kisika u nedovoljno prozračenim skladišnim prostorima, a postoji opasnost od gušenja i trovanja osoblja. U kombinaciji sa samo zagrijavanjem goriva (kako egzotermnim oksidacijskim reakcijama tako i adsorpcijskom toplinom, koja se javlja kada peleti apsorbiraju vlagu iz zraka), prisutnost zapaljivih plinova kao što je CO može dovesti do spontanog izgaranja, osobito u velikim skladišnim prostorima. Stoga bi skladišna područja za pelete uvijek trebala biti dovoljno prozračena (vidjeti poglavlje 14.2.9. i 19). Ispuštanje plinova se smanjuje s povećanjem starosti goriva i vremenom skladištenja. Druge varijable koje utječu su mehaničko opterećenje tijekom punjenja (najkraći mogući put punjenja za sprječavanje abrazije finog

materijala) i temperatura tijekom skladištenja (što je hladnije, to je niža aktivnost) [39].

4.5.4 Parametri kvalitete

Drvena goriva pokazuju velike razlike u kvaliteti zbog različitih sirovina i razlika u proizvodnom procesu. Sustav s niskim emisijama i energetski učinkovit rad sustava na drva moguć je samo uz uporabu odgovarajućeg goriva prilagođenog sustavu (poglavlja 5i 13). Na primjer, sustavi izgaranja malih razmjera (standardni serijski uređaji) posebno zahtijevaju dosljedno homogena svojstva s niskim udjelom vode, udjelom pepela i finim sadržajem. Točna procjena kvalitete goriva također je ključna u pogledu naplate. Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..7.** pruža pregled bitnih parametara kvalitete koji se mogu koristiti za procjenu goriva "na prvi pogled".

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..78** Tipična svojstva za procjenu kvalitete goriva.

Parametri kvalitete	"Dobra" kvaliteta	"Loša" kvaliteta
Udio vode	nizak	visok
Udio pepela	nizak	visok
Kalorijska vrijednost	visok	nizak
Oblik čestice	oštri rubova	grub
Fina frakcija	nizak	visok
Višak duljina	nizak	visok
Sadržaj nečistoće	nizak	visok

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 8** . sadrži tipične raspone vrijednosti važnih parametara goriva za drvo i koru listopadnih i crnogoričnih stabala, kao i za otpadno drvo. Vrba i topola vrsta su drveća iz biljnih kultura kratkih ophodnji ili drva iz održavanja krajobrazza (SRC i LMW). Treba napomenuti da navedene vrijednosti pokrivaju velike raspone fluktuacija. Tipična vrijednost je statistički određena referentna točka. Stvarni sastav goriva može odstupati od njega i ovisi, na primjer, o odgovarajućoj lokaciji. Projektanti, dobavljači i operativna društva stoga moraju odrediti pojedinačne vrijednosti za projektiranje postrojenja. Internetske baze podataka kao što su Phyllis2 [40] ili FRED bavarskog Državnog ureda za okoliš [41] sadrže dodatne podatke o različitim gorivima.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 8** Tipični parametri goriva drva i kore - Glavni elementi I. dijela [23], [33], [42].

Parametarski	Jedinica (referentno stanje: wf)		Drvo (bez kore, lišća, igala)		Kora		SRC i LMW		Otpadno drvo
			Meko drvo	Tvrdo drvo	Meko drvo	Tvrdo drvo	Drvo sa pašnjaka	Topola	
Sadržaj pepela	wt-%	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	0.1 - 1.0 0.3	0.2 - 1.0 0.3	< 1 - 5 1.5	0.8 - 3.0 1.5	1.1 - 4.0 2.0	1.5 - 3.4 2.0	0 - 2
Kalorijska vrijednost	MJ/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	18.5 - 19.8 19.1	18.4 - 19.2 18.9	17.5 - 20.5 19.2	17.1 - 21.3 19	17.7 - 19.0 18.4	18.1 - 18.8 18.4	18 - 20.2
Karbon - C	wt-%	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	47 - 54 51	48 - 52 49	48 - 55 52	47 - 55 52	46 - 49 48	46 - 50 48	n.a.
Vodik - H	wt-%	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	5.6 - 7.0 6.3	5.9 - 6.5 6.2	5.5 - 6.4 5.9	5.3 - 6.4 5.8	5.7 - 6.4 6.1	5.7 - 6.5 6.2	n.a.
Kisik - O	wt-%	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	40 - 44 42	41 - 45 44	34 - 42 38	32 - 42 38	40 - 44 43	39 - 45 43	n.a.
Dušik - N	wt-%	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	< 0,1 - 0,5 0,11)	< 0,1 - 0,5 0,21)	0.3 - 0.9 0.5	0.1 - 0.8 0.3	0.2 - 0.8 0.5	0.2 - 0.6 0.4	n.a.
Sumpor - S	wt-%	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	< 0,01 - 0,02 < 0,02	< 0,01 - 0,05 0.02	< 0,02 - 0,05 0.03	< 0,02 - 0,20 0.03	0.02 - 0.10 0.05	0.02 - 0.10 0.03	n.a.
Klor - Cl	wt-%	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	< 0,01 - 0,03 0.01	< 0,01 - 0,03 0.01	< 0,01 - 0,05 0.02	< 0,01 - 0,05 0.02	0.01 - 0.05 0.03	< 0,01 - 0,05 < 0,01	0.02 - 0.20
Fluor - F	wt-%	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	< 0,0005 < 0,0005	< 0,0005 < 0,0005	< 0.0005 - 0.002 0.001	n.a. n.a.	0 - 0.01 0.003	n.a. n.a.	n.a.
Aluminij - Al	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	30 - 400 100	< 10 - 50 20	400 - 1,200 800	30 - 100 50	3 - 100 50	n.a. 10	n.a.
Kalcij - Ca	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	500 - 1,000 900	800 - 20,000 1,200	1,000 - 15,000 5,000	10,000 - 20,000 15,000	2,000 - 9,000 5,000	4,000 - 6,000 5,000	n.a.
Željezo - Fe	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	10 - 100 25	10 - 100 25	100 - 800 500	50 - 200 100	30 - 600 100	n.a. 30	n.a.
Kalij - K	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	200 - 500 400	500 - 1,500 800	1,000 - 3,000 2,000	1,000 - 3,200 2,000	1,700 - 4,000 2,500	2,000 - 4,000 2,500	n.a.
Magnezij - Mg	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	100 - 200 150	100 - 400 200	400 - 1,500 1,000	400 - 1,000 500	200 - 800 500	200 - 800 500	n.a.
Mangan - Mn	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	40 - 200 100	n.a. n.a.	9 - 840 500	n.a. 190	79 - 160 97	n.a. 20	n.a.
Natrij - Na	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	10 - 50 20	10 - 200 50	70 - 2,000 300	20 - 1,000 100	10 - 450 n.a.	10 - 60 25	n.a.
Fosfor - P	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	50 - 100 60	50 - 200 100	20 - 600 400	300 - 700 400	500 - 1,300 800	800 - 1,100 1,000	n.a.
Silikon - Si	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	100 - 200 150	100 - 200 150	500 - 5,000 2,000	2,000 - 20,000 2,500	2 - 2,000 500	n.a. n.a.	n.a.
Arsen - As	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	< 0,1 - 1,0 < 0,1	< 0,1 - 1,0 < 0,1	0.1 - 4.0 1.0	0.1 - 4 0.4	< 0,1 < 0,1	< 0,1 - 0,2 < 0,1	0.39 - 15.4
Kadmij - Cd	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	< 0,05 - 0,50 0.1	< 0,05 - 0,50 0.10	0.2 - 1.0 0.5	0.2 - 1.2 0.5	0.2 - 5 2	0.2 - 1 0.5	n.a.
Krom - Cr	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	0.2 - 10.0 1.0	0.2 - 10.0 1.0	1 - 10 5	1 - 30 5	0.3 - 5 1	0.3 - 2 1	0.1 - 5.3
Bakar - Cu	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	0.5 - 10.0 2.0	0.5 - 10.0 2.0	3 - 30 5	2 - 20 5	2 - 4 3	2 - 4 3	3.4 - 668.4
Živa - Hg	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	< 0,02 - 0,05 0.02	< 0,02 - 0,05 0.02	0.01 - 0.1 0.05	n.a. < 0,05	< 0,03 < 0,03	< 0,03 < 0,03	0.02 - 36.1
Nikal - Ni	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	< 0,1 - 10,0 0.5	< 0,1 - 10,0 0.5	2 - 20 10	2 - 10 10	0.2 - 2 0.5	0.2 - 1.0 0.5	n.a.
Olovo - Pb	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	< 0,5 - 10,0 2.0	< 0,5 - 10,0 2.0	1 - 30 4	2 - 30 15	0.1 - 0.2 0.1	0.1 - 0.3 0.1	9.3 - 3,314.3
Vanadij - V	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	< 2 < 2	< 2 < 2	0.7 - 2.0 1.0	1 - 4 2	0.2 - 0.6 0.3	n.a. n.a.	n.a.
Cink - Zn	mg/kg	Raspon vrijednosti Tipična vrijednost	5 - 50 10	5 - 100 10	70 - 200 100	7 - 200 50	40 - 100 70	30 - 100 50	n.a.

¹⁾Tipičan sadržaj dušika varira ovisno o vrsti drva: smreka 0,1, srebna jela 0,17, bukva 0,22 [43]. n.a. = nije dostupna.

Udio vode najvažniji je parametar u smislu kvalitete goriva. Sadržaj vode ključan je čimbenik za stabilnost gotovog goriva i potrebu sušenja (ciljani udio vode < 30 - 35 %) ili, u najboljem slučaju, miješanje. To izravno utječe na kalorijsku vrijednost, jer voda sadržana u gorivu prvo mora ispariti tijekom izgaranja pomoću toplinske energije. Bez tehnologije kondenzacije, ova toplinska energija ne može se povratiti kondenzacijom pare. Nadalje, udio vode utječe na emisije CO₂ i prašine koje se oslobađaju tijekom izgaranja, kao i na nakupljanje pepela. Masa same vode i učinci skupljanja tijekom sušenja utječu na gustoću goriva.

Tipični udio vode u svježe posječenom okruglom drvu (srčika i bjeljika) kao i u drvnoj sječki iznosi 45 – 55 %, pri čemu materijal iz SRC-a iznosi > 55 %. Tehničkim ili prirodnim sušenjem može se postići znatno niži udio vode od 15 do 35 %. Drvna sječka sa udjelom vode < 15 % obično se može proizvesti samo tehničkim sušenjem. Posebno suho gorivo su, s druge strane, drvni peleti, koji imaju standardni udio vode < 10 %. Ovisno o korištenoj tehnologiji izgaranja, određeni udio vode u gorivu ne smije se prekoračiti (poglavlje 5). Za kotlove u malom do srednjem izlaznom rasponu proizvođači i zakonodavstvo postavljaju relativno visoke zahtjeve za gorivo, a rasponi udjela vode definirani u skladu s ispitivanjem tipa energenta moraju biti ispunjeni (npr. za mikro uređaje/peći na pelete < 15 do 20 %, za serijske uređaje < 35 %). Za veće toplane (elektrane) moguć je i pouzdan rad sa udjelom vode > 35 %, pa čak i svježe posječenim drvom ([37], [44]).

Sadržaj pepela u gorivu utječe na emisije čestica i stvaranje troske tijekom izgaranja, kao i na troškove zbrinjavanja ukupne količine pepela proizvedenog tijekom rada postrojenja. Visoki sadržaj pepela olakšava trošenje i koroziju komponenti postrojenja. Ovisno o kemijskom sastavu, pepeo se reciklira, na primjer, kao komponenta gnojiva ili kao agregat u proizvodnji cementa. Ako nije moguć put recikliranja materijala (npr. zbog prekomjerne kontaminacije teškim metalima), pepeo se mora odložiti na prikladna odlagališta [44].

Kao što je Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 8.**, sadržaj pepela varira između 0,1 i 5 %, ovisno o vrsti drva i sadržaju kore. DIN EN ISO 17225-4 definira četiri klase za drvenu sječku (od A1 do B2) s dopuštenim sadržajem pepela od < 1 % do < 3 %. Veći sadržaj pepela obično je posljedica većeg udjela kore i igala. Na primjer, što je manji promjer stabla ili što je veći udio grančica, to je veći omjer kore i drva. Drugi čimbenik koji utječe je kontaminacija anorganskim materijalima (npr. tlo ili kamenje).

Tipične **kalorijske vrijednosti** za koru ili drvo (bezvodna referentna osnova) su između 17,1 i 21,3 MJ/kg (Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog**

stila.. 8), a kora pokriva mnogo širi raspon varijacija. Kalorijska vrijednost mekih drva ima tendenciju da bude veća od vrijednosti tvrdog drva zbog nešto većeg sadržaja C. Međutim, ovaj aspekt je od sekundarne važnosti u usporedbi s drugim parametrima. Zbog povećanih koncentracija manjih i elemenata u tragovima koji tvore pepeo, sadržaj pepela u kori obično je znatno veći nego u povezanom drvu. Iz toga slijedi da kalorijska vrijednost kore može biti iznad i ispod kalorijske vrijednosti odgovarajućeg drva [21]. Vrlo visok sadržaj pepela, na primjer zbog mineralnih nečistoća ili razgradnje lignina posebnim gljivicama, smanjuje kalorijsku vrijednost [44].

Veličina čestica značajno utječe na svojstva protoka, kao i na ponašanje goriva pri skladištenju i sušenju. Na veličinu čestica značajno utječu koraci proizvodnje i pripreme, ali ovisi i o vrsti drva i odabranom asortimanu. Male čestice ili visok udio finog materijala mogu ograničiti ventilaciju i dovesti do emisije prašine tijekom punjenja spremnika. Osim toga, visok udio novčanih kazni negativno utječe na kvalitetu izgaranja. Stalna opskrba zrakom u spremniku goriva je otežana, što rezultira stvaranjem žarišnih točaka. To dovodi do povećanog trošenja u području rešetke i šamota, kao i povećanog sadržaja prašine zbog tvari u tragovima u dimnom plinu, koje više nisu ugrađene u pepeo. Velike, preduge ili resice (= ne oštih rubova) olakšavaju blokade u transportnim sustavima kao što su transportni vijci i mogu uzrokovati premošćivanje u skladišnom prostoru. Visokokvalitetna drvena sječka je relativno homogena, ima nizak udio sitnih čestica i ima oštre rubove[37].

Strani sadržaj je postotak stranog materijala u gorivu. Osim metalnih dijelova, kamenja i otpada (gruba strana tvar), ova kategorija posebno uključuje prijanjanje humusa i mineralnog tla (fina strana tvar). Ako se krupna strana tvar usitnjava zajedno s gorivom, može se oštetiti sam usitnjavač/drobilicu, komponente transportnog sustava ili sustava grijanja. Prianjanje tla dovodi do povećanog trošenja lopatica i povećava sadržaj pepela. Tijekom izgaranja u toplani povećani sadržaj pepela zbog stranih tvari, promijenjeno ponašanje taljenja pepela i moguće povećanje sadržaja teških metala u gorivu ili pepelu koji dovode do povećanih troškova odlaganja, korozije i šljakanja komponenti postrojenja [44].

Kako bi pri odabiru tehnologije loženja i dimnih plinova mogli uzeti u obzir različiti sastavi energenata i nastala svojstva izgaranja, QM za centralizirane toplinske sustave na biomasu sastavio je klasifikaciju energenata (vidi Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 9** i Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 10**).

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 9** Dio I – Klasifikacija energenata i veličina čestica prema QM za toplinske sustave na biomasu na temelju specifikacija prema EN ISO 17225-1, klasifikacija čestica dopunjena je S klasama EN ISO 17225-4.

Energenti	Kratka oznaka	Veličina čestica mm (vidi Tablica Pogreška! U	Udio vode Masa-% kao isporučena	Sadržaj dušika Postotak mase na bezvodnoj referentnoj osnovi	Sadržaj šitnih čestica < 3,15 mm Masa-% kao isporučena	Sadržaj pepela sa stranim sadržajem % mase na bezvodnoj referentnoj bazi	Energetski sadržaj Što se tiče H _u vlažne Raspon fluktuacija kWh/LCM
Kvalitetna drvena sječka od šumskog ostatka (okruglo) drvo (WS) ^{1) 9)} i drvo industrijskih ostataka (IS) ^{1) 9)}	fini WS-P16S-M20IS- P16S-M20	16S	15 - 20	0.1 - 0.5 (0.2)	F05	A1.0	Meko drvo (WH): 700 – 900 Tvrdo drvo (HH): 1,000 - 1,200
	grubi WS-P31S-M20IS- P31S-M20	31S	15 - 20	0.1 - 0.5 (0.2)	F05	A1.0	WH: 630 - 850 HH: 950 - 1,150
Drvena sječka od šumskih ostataka (WS) ^{1) 1)} i industrijskih ostataka (IS) ^{1) 2)}	WS-P31S-M35IS- P31S-M35	31S	20 - 35	0.1 - 0.5 (0.2)	F10	A3.0	WH: 600 - 800 HH: 900 - 1,100
	WS-P31S-M50IS- P31S-M50	31S	30 - 50	0.1 - 0.5 (0.2)	F10	A3.0	WH: 550 - 750 HH: 850 - 1,050
	WS-P31S-M55+ IS-P31S-M55+	31S	30 - 60	0.1 - 0.5 (0.2)	F10	A3.0	WH: 500 - 700 HH: 800 - 1,000
	WS-P45S-M35IS- P45S-M35	45S	20 - 35	0.1 - 0.5 (0.2)	F10	A3.0	WH: 550 - 750 HH: 850 - 1,050
	WS-P45S-M50IS- P45S-M50	45S	30 - 50	0.1 - 0.5 (0.2)	F10	A3.0	WH: 500 - 700 HH: 800 - 1,000
	WS-P45S-M55+ IS-P45S-M55+	45S	30 - 60	0.1 - 0.5 (0.2)	F10	A3.0	WH: 450 - 650 HH: 750 - 950
	WS-P63-M50IS-P63- M50	63	30 - 50	0.1 - 0.5 (0.2)	F10	A3.0	WH: 450 - 650 HH: 750 - 950
	WS-P63-M55+ IS-P63-M55+	63	30 - 60	0.1 - 0.5 (0.2)	F10	A3.0	WH: 400 - 600 HH: 700 - 900
Topola i vrba iz šume i krajobraza	PWW	31S 45S 63	30 - 60	0.2 - 0.8 (0.3)	F10 F10 F10	A5.0	450 - 700 400 - 650 350 - 600
Topola i vrba iz područja kratke rotacije	PWK	31 45 63	30 - 60	0.5 - 3.0 (0.5)	F25	A10.0	400 - 650 350 - 575 300 - 500
Drvo od održavanja krajobraza	LH ¹⁾	31 45 63	30 - 60	0.4 - 1.0 (0.5)	F25	A10.0	400 - 800 350 - 750 300 - 700
Stanjivanje ostataka iz crnogoričnih i listopadnih stabala Ø <80 mm i krunskog drva	DH	31 31 45 45 63 63	30 - 60	0.4 - 1.0 (0.6)	F25	A10.0	WH: 400 - 650 HH: 650 - 900 WH: 350 - 600 HH: 600 - 850 WH: 300 - 550 HH: 550 - 800
Piljevina	SP	< 4	35 - 50	0.1 - 0.3 (0.1)	-	A3.0	WH: 450 - 550 HH: 650 - 750
Kora zdrobljena ⁸⁾ maksimalna gruba frakcija 5 %	RZ	45 45 63 63	30 - 65+	0.3 - 0.9 (0.5)	F05 F05 F05 F05	A10.0	WH: 700 - 850 HH: 950 - 1,150 WH: 650 - 800 HH: 900 - 1,100
Kora neobrađena ⁸⁾	Ruz	n.V.	30 - 65+	0.3 - 0.9 (0.5)	F05	A10.0	-
Preostalo drvo iz prerade ^{drva10)}	RHH	n.V.	n.V.	n.V.	n.V.	n.V.	-
Otpadno ^{drvo4) 10)}	AH	45 63	< 30	0.5 - 1.5 (0.8) ¹²⁾	F10 F10	A10.0	550 - 750 500 - 700

Pelet(5)	PIKSEL	n.V.	-	-	-	-	-
----------	--------	------	---	---	---	---	---

Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 10 dio II - Klasifikacija energenata i veličina čestica
prema QM za toplinske sustave na biomasu na temelju specifikacija prema EN ISO 17225-1, klasifikacija
čestica dopunjena je S klasama EN ISO 17225-4.

Razvrstavanje se temelji na standardu goriva ISO 17225, sva odstupanja su navedena.

- 1) Ne smije sadržavati topolu i vrhu osim ako nije ugovoreno: sadržaj kore prijanja na drvenu sječku najviše 20% bezvodnog po masi.
- 2) Prema CEN/TS 14588. Drvena sječka proizvedena kao nusproizvod drvene prerađivačke industrije, sa ili bez kore. U Švicarskoj se samo neobrađena drvena sječka od ostataka pilane smatra drvnom sječkom iz industrijskih ostataka (IS).
- 3) Klasifikacija sadržaja vode nije u skladu sa standardom goriva ISO 17225.
- 4) DE: Otpadno drvo kategorije A I i A II; AT: Koncept sektora otpadnog drva Drvo Q3 i Q4; CH: Otpadno drvo ne smatra se drvnim gorivom (Pravilnik o kontroli onečišćenja zraka: Prilog 5., broj 3., stavak 2., slovo a)
- 5) Pridržavajte se standarda peleta prema ISO 17225-2
- 6) Raspon varijacija određen je različitim gustoćom mase:
 - Usitnjavanje trupaca s hrpe rezultira većom gustoćom mase od usitnjavanja cijelih stabala granama
 - Raspodjela veličine drvene sječke u glavnom udjelu od 60 % utječe na gustoću rasutog tereta (veći udio sitne drvene sječke povećava gustoću rasutog tereta)
 - Proces pripreme goriva, cijepanje ili usitnjavanje, ima veliki utjecaj na gustoću rasutog tereta (isjeckano gorivo ima manju gustoću mase od cijepanog energenta).
- 7) s iglama, lišćem i grančicama
- 8) Numeričke vrijednosti (P klasa) mase odnose se na veličine čestica (masena frakcija najmanje 95 %) koje se uklapaju kroz određene veličine otvora sita okruglih otvora (ISO 17827-1). Ako uzorak zadovoljava kriterije veće od jedne klase, dodjeljuje se najnižoj mogućoj klasi. Gruba frakcija mora se ≤ 5 % po isporučenoj težini.
- 9) Za kvalitetnu drvenu sječku (grubu i finu) moraju se poštivati dodatno postroženi zahtjevi standarda za pojedine zemlje.
- 10) Za preostalo drvo iz prerade drva RHH i otpadno drvo AH kemijski sastav određuje se na temelju analiza goriva u skladu s TABL ICOM 5.b, stranicom 24. i Prilogom B, tablica B.1., stranica 43. Za otpadno drvo, osim najvećeg sadržaja pepela, određuje se i maksimalni inozemni sadržaj (m. % na bezvodnoj osnovi) pijeska, kamenja i stakla.
- 11) Za sadržaj dušika u zagrada se daje raspon vrijednosti i tipična vrijednost. Tipična vrijednost važna je za dizajn denitrifikacije.
- 12) Sadržaj dušika u otpadnom drvu ovisi o sastavu (udio prirodnog otpadnog drva i materijala za ploče [MDF, iverica, šperploča itd.]). Za čisti materijal ploče može se očekivati maksimalni sadržaj dušika od 6 %.

n.V.: po dogovoru, koji se utvrđuje od slučaja do slučaja

WH: meko drvo (meko drvo: smreka, jela, bor, Douglas jela, ariš; meko drvo: javor, trešnja, joha)

HH: Tvrd drvo (tvrd drvo: hrast, bukva, brijest, slatki kesten, jasen, grab (bukva), lijeska, breza, orah, vočke [osim trešnje]).

Na sva goriva vrijedi sljedeće: $H_{\text{dr}} > 1,5 \text{ kWh/kgdamp}$

Klasifikacija veličina čestica drvene sječke i grubo usitnjenog drva					
Veličina čestica	Glavni udio* min. 60 %/95 % ¹⁾	Fini udio materijala* < 3,15 mm	Gruba frakcija*	Maksimalna duljina čestica	Presjek predimenzioniranih čestica
P16S	3,15 mm - 16 mm	F15	> 31,5 mm, ≤ 6 %	≤ 45 mm	< 2 cm ²
P31S	3,15 mm - 31,5 mm	F10	> 45 mm, ≤ 6 %	≤ 150 mm	< 4 cm ²
P31	3,15 mm - 31,5 mm	F25 ²⁾	> 45 mm, ≤ 6 %	≤ 200 mm	< 4 cm ²
P45S	3,15 mm - 45 mm	F10	> 63 mm, ≤ 10 %	≤ 200 mm	< 6 cm ²
P45	3,15 mm - 45 mm	F25 ²⁾	> 63 mm, ≤ 10 %	≤ 350 mm	< 6 cm ²
P63	3,15 mm - 63 mm	³⁾	> 100 mm, ≤ 10 %	≤ 350 mm	< 8 cm ²
P100	3,15 mm - 100 mm	³⁾	> 150 mm, ≤ 10 %	≤ 350 mm	< 12 cm ²

¹⁾ Numeričke vrijednosti mase povezane su s veličinama čestica (masena frakcija najmanje 60 %) koje se uklapaju kroz određenu veličinu otvaranja sita okruglih otvora (ISO 17827-1). Za koru i isjeckanu koru glavni dio, uključujući sitne čestice, mora imati maseni udio od 95 %. Za drvenu sječku i grubo isjeckano drvo za uporabu u domaćim i malim komercijalnim kaminima koriste se S klase. Navodi se najniža moguća klasa svojstva.

²⁾ s iglama, lišćem i grančicama

³⁾ Sadržaj sitnih čestica varira ovisno o gorivu

⁴⁾ Preporuka u odstupanju od standarda: za transport goriva i sustav za dovod goriva s pužnim transporterima

* Veličina čestica u % mase u dostavljenom stanju

4.5.5 Strategije opskrbe

Pojedinačni koraci obrade za opskrbu drvnim gorivom uključuju sječu drva, usitnjavanje (cijepanje), transport u silos ili međuskладиште i, ako je potrebno, međuskладиštenje, pretovar i transport. Trošak prvenstveno ovisi o volumenu koji treba obraditi, a ne o težini. Stoga su cijene po sadržaju energije za crnogoričasto drvo obično oko 10 - 15 % više nego za tvrdo drvo. Odabir strategije opskrbe posebno ovisi o odgovarajućim lokalnim okvirnim uvjetima (lokacija i

pristupačnost, tržište goriva i potražnja, postojeća logistika, poduzeća za opskrbu gorivom i infrastruktura itd.) i mora se prilagoditi odgovarajućim zahtjevima.

Ako se drvo još u šumi prerađuje u sječku (s hrpa oblovene ili svježe posječeno) i odatle transportira do potrošača, to se naziva **izravni lanac opskrbe**. Činjenica da nema intermedijarnog skladištenja čini ovo najisplativijom opcijom opskrbe. Međutim, potrebna je precizno planirana i pouzdana logistika goriva te se mora paziti da sigurnost opskrbe bude zajamčena čak i u ekstremnim vremenskim i cestovnim uvjetima zimi.

Osim toga, treba napomenuti da drvena sječka svježja iz šume može imati udio vode do 60 %.

Za razliku od gore opisanog postupka, u **neizravnom lancu opskrbe** energetsko drvo privremeno se skladišti u obliku drvne sječke ili okruglog drva u skladištu ili izravno u toplani ili na vanjskim mjestima nakon što je uklonjeno iz šume. Privremeno skladištenje pogoduje neprekinutoj opskrbi, omogućuje veću fleksibilnost u isporuci i kupnji goriva te omogućuje posebnu koordinaciju mješavine goriva koja se koristi ovisno o radnom stanju i sezoni. Posebno na velikim nadmorskim visinama s ograničenim pristupom šumi ili toplani zimi, potrebno je srednje skladištenje izravno u toplani kako bi se osigurala sigurnost opskrbe. Tijekom skladištenja gorivo se prethodno suši, a visoka fleksibilnost u kupnji goriva može rezultirati cjenovnim prednostima. Međutim, troškovi opskrbe povećavaju se zbog većih troškova ulaganja i manipulacije. Određena goriva u skladu s Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.** 9, kao što su kvalitetna drvena sječka ili sušena, pregledana goriva, obično se mogu isporučivati samo putem neizravnog lanca opskrbe. To se mora uzeti u obzir pri odabiru goriva ili kotla i raspraviti s dobavljačem goriva (vidi poglavlje 13).

Kombinacijom dviju varijanti (**mješoviti lanac opskrbe**) srednja skladišta goriva mogu se dimenzionirati manje i tako uštedjeti troškove. Istodobno je zajamčena visoka sigurnost opskrbe. Ako je potrebna izgradnja intermedijarnog skladišta, treba ispitati može li se, kako bi se upotrijebile sinergije, postaviti najveće moguće skladište za opskrbu nekoliko sustava za loženje drva. Osim drvne sječke, okruglo drvo se također može pohraniti u hrpu i usitniti po potrebi.

Mješoviti asortiman: Asortimani s nepovoljnim svojstvima također se mogu koristiti miješanjem s višim kvalitetama. Na primjer, prikladne su kombinacije kore s visokim udjelom vode i suhog rezidualnog drva ili drva za održavanje krajobraza s tendencijom šljakanja i drvne sječke s niskom razinom pepelom. Miješana goriva općenito su isplativa i postaju sve važnija. Kako bi se osigurao nesmetan rad postrojenja, dopuštene mješavine goriva moraju se odrediti kod proizvođača kotla, ovisno o tehničkim karakteristikama kotla. Udio vode u gorivnoj smjesi posebno je važan kriterij i za nazivnu izlaznu snagu i za rad s malim opterećenjem ($\text{unos topline} < \text{minimalni izlaz sustava loženja}$).

4.6 Analitika

Kao standardna metoda za određivanje **udjela vode** obično se koristi gravimetrijsko mjerenje goriva sušenjem na 105 °C prema DIN EN ISO 18134-1 [45] i DIN EN ISO 18134-2 [46] (pojednostavljena metoda). Udio vode može se izračunati gubitkom mase goriva tijekom sušenja dok težina ne postane konstantna. Ova metoda je prepoznata i precizna, ali i dugotrajna i radno intenzivna. U praksi poduzeća za opskrbu gorivom i operatori toplana često moraju što prije odrediti udio vode, na primjer, za transparentnu naplatu pri kupnji i prodaji ili za procjenu kvalitete isporuke. U tu svrhu na

tržištu su dostupni različiti uređaji za brzo određivanje. Uređaji određuju udio vode u gorivu na različite načine - gravimetrijski, električno ili putem infracrvenog zračenja. Nadalje, način na koji se mjerenje provodi razlikuje se, na primjer u obliku ručnog mjerenja na izvađenim uzorcima ili automatskog mjerenja protoka goriva. Metode brzog mjerenja ne postižu točnost određivanja u sušionici. Stoga nisu prikladni za potrebe naplate. Međutim, one pružaju dovoljno točne vrijednosti za kvalitativnu procjenu serije goriva [47].

Sadržaj pepela u biomasu određuje se prema normi DIN EN ISO 18122 [48]. U laboratoriju se uzorak zagrijava (spaljuje) na 550 °C u peći za prigušivanje s propisanom brzinom grijanja u oksidirajućoj atmosferi. Ostatak izgaranja se ponovno važe, a sadržaj pepela izračunava se iz omjera mase pepela i goriva.

Kalorijska vrijednost određuje se u laboratoriju prema standardu EN ISO 18125:2017-08 [24] u uređaju kalorimetra. Ovdje se izvagana količina uzorka analize goriva spaljuje u kisiku pod visokim tlakom u određenim uvjetima.

4.7 Ugovor o opskrbi gorivom i naplata

4.7.1 Ugovor o opskrbi gorivom

Ugovor o opskrbi gorivom sklapa se između operativnog društva toplane i poduzeća za opskrbu gorivom, a namijenjen je jamčenju neprekidne opskrbe gorivima pogodnim za toplanu. Osnovne točke moraju biti navedene u ugovoru:

- Definicija asortimana goriva
- Količine isporuke i proporcije asortimana, modaliteti isporuke
- Cijena goriva, prilagodba cijena (indeksacija) i način naplate
- Ugovor i uvjeti otkazivanja, mjesto nadležnosti

Prilikom kupnje i prodaje drvnog goriva odlučujuća je količina energije kojom se trguje. Međutim, to ovisi o različitim parametrima goriva (gustoća, gustoća rasutog tereta, udio vode, vrsta drva). Ovisno o strukturi opskrbe gorivom (jedan ili više dobavljača) i postojećoj infrastrukturi u toplani, dolaze u pitanje različite metode naplate (po volumenu, težini ili količini proizvedene topline).

4.7.2 Naplata prema volumenu

Naplata po volumenu je široko korištena. Cijena isporuke određuje se na temelju smjernica za energetski sadržaj po skupnom kubičnom metru za različite drvne asortimane kao funkciju udjela vode. Međutim, to je najnepreciznija metoda, jer se energetski sadržaj isporučenih goriva može uvelike razlikovati zbog fluktuirajućih (čvrstih) gustoća, gustoće rasutih tereta i udjela vode. Na primjer, kubični metar drvne sječke od bukve sadrži gotovo 50 % više energije od kubičnog metra drvne sječke od smreke. Važan kriterij

diferencijacije pri naplati po volumenu su stoga različite gustoće tvrdog drva i mekog drva. Meka drva kao što su smreka, jela, bor, Douglas jela, ariš (općenito meko drvo) kao i meka drva trešnja i joha imaju niže (energetske) gustoće od tvrdog drva (općenito tvrdo drvo: javor, hrast, bukva, brijest, slatki kesten, jasen, grab, lijeska, breza, orah, voćke - osim trešnje).

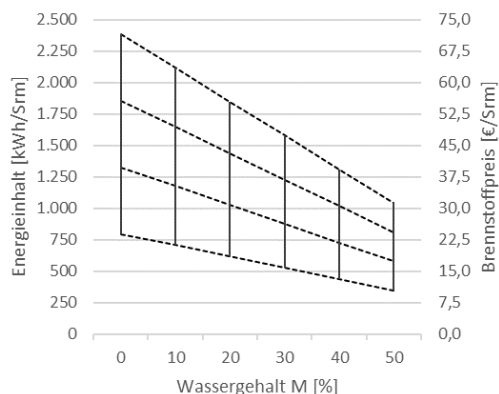
Međutim, gustoća goriva ima još veći utjecaj od fluktuirajuće čvrste gustoće pri trgovanju drvnom sječkom. To je u osnovi određeno veličinom čestica, finim sadržajem i vanjskim utjecajima kao što je zbijanje vibracijama tijekom transporta. DIN EN ISO 17225-1 određuje gustoću rasutih tereta za drvenu sječku između 150 kg/LCM i 450 kg/LCM. Na temelju tog raspona varijacija, Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 11 prikazuje raspon u kojem može ležati sadržaj energije po jedinici volumena (ovisno o udjelu vode u gorivu), kao i raspone cijena za obračun drvene sječke na temelju volumena, na temelju prosječne cijene od 30 €/MWh [49]. Nedovoljno poznavanje udjela vode ili gustoće goriva u rasutom stanju lako može dovesti do značajnih odstupanja cijena. Stoga se ova metoda naplate ne preporučuje ili preporučuje samo ako su parametri goriva poznati s dovoljnom točnošću.

Prednost naplate po volumenu:

- Jednostavno određivanje volumena

Nedostatak naplate po volumenu:

- Velika nesigurnost u pogledu energetske sadržaja



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 11** Zapreminska kalorijska vrijednost i referentne vrijednosti za cijene goriva drvene sječke kao funkcija sadržaja vode za nasipnu gustoću između 150 kg/rm (dno) i 450 kg/rm (vrh); osnova izračuna 30 €/MWh.

4.7.3 Naplata prema težini

U slučaju naplate po težini, što je uobičajeno za veće toplane, uzima se u obzir udio vode u gorivu. Cijena isporuke određuje se na temelju energetske sadržaja po toni goriva bez vode. Na primjer, drvena sječka od svježeg drva u šumama sa udjelom vode od 50 % ima kalorijsku vrijednost od 2,3 kWh/kg (Slika **Pogreška! U**

dokumentu nema teksta navedenog stila.. 12). Za isporuku od 20 tona to odgovara količini energije od 46 MWh. Za prosječnu cijenu od 30 €/MWh to rezultira cijenom od 1.380 € za kamion teret od 20 tona.

Iako udio vode ima znatan utjecaj na količinu energije kojom se trguje, vrijednosti grijanja povezane s masom između mekog drva i tvrdog drva tek se neznatno razlikuju. Zbog većeg sadržaja smola i lignina, kalorijska vrijednost mekih drva malo premašuje kalorijsku vrijednost tvrdog drva (po masi). Međutim, kao prirodno gorivo, te vrijednosti podliježu prirodnoj fluktuaciji (Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 8.**, Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 12**).

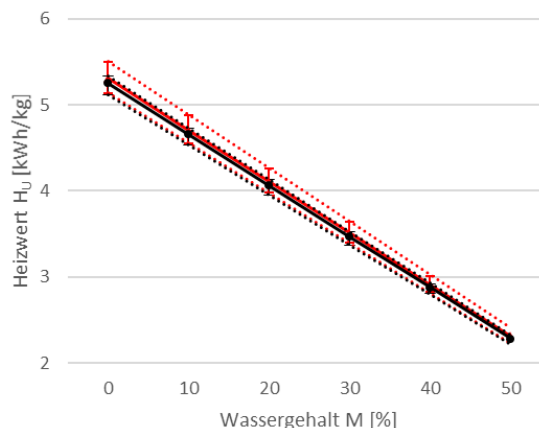
Težina se obično određuje vaganjem kamiona prije i nakon istovara. Kada se koriste senzori težine integrirani u kamion, dobavljač mora jamčiti dovoljnu točnost. Za reprezentativno određivanje udjela vode u isporuci (poglavlje 4.6.) treba analizirati nekoliko uzoraka ili reprezentativni kompozitni uzorak.

Prednosti naplate po težini:

- Neovisno o vrsti drva i gustoći rasutog tereta
- Visoka točnost u pogledu energetske sadržaja

Nedostatak punjenja po težini:

- Potrebno mjerenje težine i udjela vode



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 126** Neto i bruto kalorijska vrijednost mekog drva (crveno) i tvrdog drva (crno) povezana s masom kao funkcija udjela vode

4.7.4 Naplata prema količini proizvedene toplinske energije

Naplata prema količini proizvedene toplinske energije zahtijeva mjerač topline u primarnom krugu kotla koji može zabilježiti količinu topline koja se oslobađa u sustavu. To se mora ugraditi profesionalno i u skladu s tehničkim smjernicama mjerača topline i mora biti besprijekorno (vidjeti i poglavlje 7.4.3.). Međutim, postoji razlika između energetske sadržaja goriva i izmjerene količine energije, koja je uzrokovana gubicima

povezanim sa sustavom. U skladu s tim, ugovorne stranke moraju navesti postupak naplate u ugovoru o nabavi opskrbe. Na primjer, cijena goriva u eurima po MWh proizvedene topline dogovorena je za definiranu godišnju stopu iskorištenosti postrojenja (npr. 85 %). Godišnja stopa iskorištenosti određuje se formulom kojom se uzimaju u obzir učinkovitost kotla i gubici u stanju mirovanja (poglavlje 20.12). Ako stvarna godišnja učinkovitost odstupa od dogovorene vrijednosti, cijena goriva linearno se prilagođava.

Ova vrsta naplate pretpostavlja da se ukupno korišteno gorivo (u krugu grijanja opremljenom toplinskim mjeračem) kupuje od jedne tvrtke. Uz odgovarajući ugovor o isporuci, periodično očitavanje količine proizvedene topline tada je dovoljno za naplatu. Međutim, mogu se primijeniti i druge ili izmijenjene metode (npr. s dodatnim kriterijima kvalitete ili upotrebom nekoliko opskrbnih društava).

Naplata prema količini proizvedene topline nudi nizak rizik za pogonsku tvrtku toplana, budući da su gubici zbog kolebanja kalorijske vrijednosti, na primjer zbog razgradnje tvari u skladištu, odgovornost dobavljača goriva. Društvo za opskrbu gorivom trebalo bi stoga osigurati odgovarajuće uvjete skladištenja u postrojenju te pružati usluge na vrijeme.

Prednosti naplate prema količini topline:

- Neovisno o udjelu vode
- Neovisno o vrsti drva i gustoći rasutog tereta

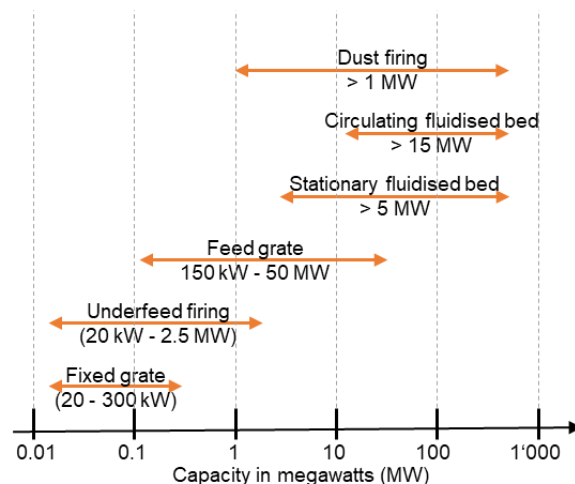
Nedostaci naplate prema količini topline:

- Ovisno o godišnjoj stopi iskorištenosti sustava
- Procjena godišnjeg stupnja potrebnog korištenja

5 Komponente postrojenja za proizvodnju toplinske energije

5.1 Područja primjene

Automatski kotlovi na drva nude se u širokom rasponu performansi (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..13.**). Spektar se kreće od grijanja obiteljske kuće do velikih kotlova u elektranama s više od 100 MW toplinske snage. Centralizirani toplinski sustavi na biomasu najčešće se primjenjuju u srednjem izlaznom rasponu između 200 kW i 2 MW, gdje se kao gorivo koristi drvena sječka iz šume i preostalo drvo iz prerade drva. Osnovna načela, područja primjene i najčešći dizajni najvažnijih vrsta potpale opisani su u nastavku. Korišteno gorivo i tehnologija izgaranja međusobno ovise. Stoga je za odabir i rad automatskih kotlova na drva odlučujuća procjena drvnog asortimana prema tehničkim kriterijima postrojenja. To uključuje veličinu komada, udio finih čestica, dopušteni udio prekomjernih duljina, kore te udio ode (poglavlje 4). Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..11** pruža pregled najvažnijih vrsta sustava izgaranja drva, njihovih uobičajenih izlaznih raspona i goriva. Poglavlje 13 detaljnije opisuje odabir odgovarajuće tehnologije izgaranja ovisno o raspoloživom gorivu.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..131** Procesi sustava izgaranja biomase

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..111** Područja primjene najvažnijih tipova sustava izgaranja biomase

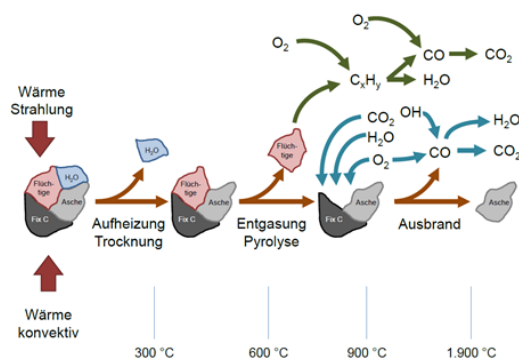
Tip	Raspon snage	Goriva	Udio vode [%]	Sadržaj pepela [% wf]
Fiksna rešetka	20 - 300 kW	Drvena sječka	10 - 35	
Nedovoljna potpala	20 kW - 2,5 MW	Drvena sječka, piljevina, pelete, max. sadržaj prašine 50 %.	5 - 50*	< 2
Rešetka za potpalu	150 kW - 50 MW	Peleti, drvena sječka i ostalo drvo, maksimalno udio prašine 50 %.	5 - 60	< 50
Stacionarni fluidizirani sloj	od 5 MW od 20 MW	Različite duljine drva Promjer < 10 mm Promjer < 80 mm	5 - 60	< 10
Cirkulirajući fluidizirani sloj	15 MW - 100 MW	Različite duljine drva Promjer < 10 mm	5 - 60	< 10
Ispaljivanje prašine	1 MW - 100 MW	Različite duljine drva Promjer < 5 mm	obično < 20	< 2

* Uglavnom do M35 s dovoljno dugom ne hlađenom zonom izgaranja moguće do M50.

5.2 Osnove izgaranja

Tijekom izgaranja u energetskim postrojenjima, energiju vezanu u gorivu treba u potpunosti osloboditi. To zahtijeva potpuno izgaranje. Stoga bi postrojenja za izgaranje trebala biti projektirana i postavljena tako da je potpuno izgaranje moguće čak i uz fluktuirajuće kvalitete goriva. Tada je zadaća operatora postrojenja da upravlja postrojenjem na način da se realizira potpuno izgaranje tako da se komponente organskog goriva što učinkovitije pretvaraju u CO_2 i H_2O . Proces izgaranja krutih goriva može se podijeliti na sljedeće pod procese (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..14**

- Grijanje i sušenje
- Otplinjavanje i piroliza
- Izgaranje komponenti hlapljivih goriva
- Izgaranje komponenti krutog goriva



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..142** Pojednostavljeni dijagram procesa izgaranja.

Ovisno o vrsti izgaranja, prikazani pod procesi ne moraju se nužno odvijati jedan za drugim, već se mogu u određenoj mjeri i preklapati. Na početku procesa izgaranja voda sadržana u gorivu isparava, odnosno gorivo se zagrijava i suši u tom procesu. Tijekom daljnjeg zagrijavanja goriva počinje piroliza, pri čemu vrlo hlapljive komponente goriva bježe i prelaze u plinsku fazu. To proizvodi zapaljivu smjesu plina, tako da izgaranje počinje kada se postigne odgovarajuća temperatura paljenja. U daljnjem tijeku, preostale komponente krutog goriva također reagiraju s dostupnim kisikom iz zraka za izgaranje. U ovoj kemijskoj transformaciji komponenti organskog goriva pravi se razlika između homogenih (reakcija oba dva plina) i heterogenih (reakcija između čvrste i plinovite faze) procesa. Heterogeno izgaranje krutih goriva mnogo je složenije i zahtjevnije od homogenog izgaranja plinovitih goriva, kao što je prirodni plin.

5.3 Tehnologije izgaranja

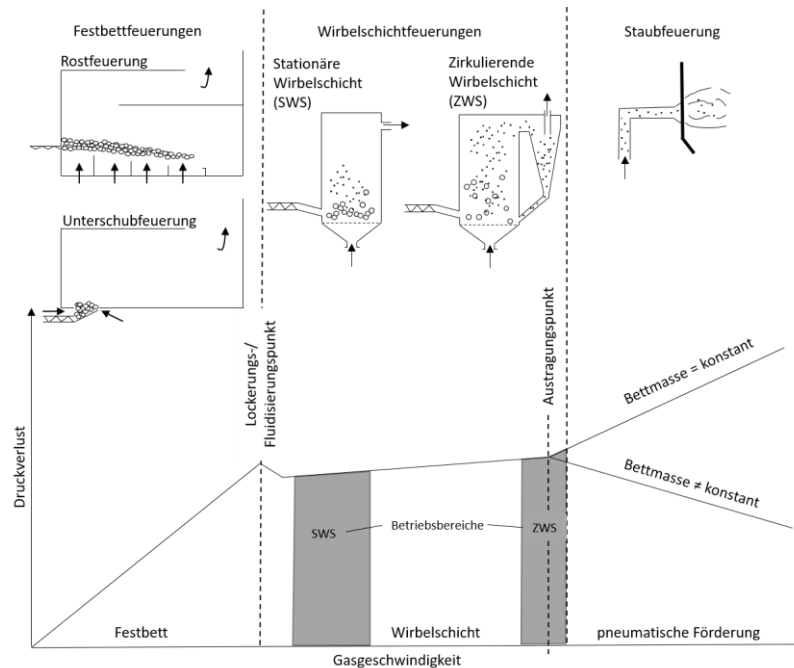
5.3.1 Pregled

U nastavku su objašnjene najčešće tehnologije izgaranja u postrojenjima na biomasu (elektrane), koje se u osnovi mogu podijeliti na fiksne slojeve, fluidizirane slojeve i sustave za loženje prašine (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..15**).

Toplina potrebna za sušenje i otplinjavanje isporučuje se na različite načine tijekom rada grijanja, ovisno o vrsti izgaranja. U ispaljivanju prašine, čestice goriva koje ulaze dovode se u dodir s vrućim dimnim plinovima. U fluidiziranim kotlovima toplina se prenosi čvrstim česticama u fluidiziranom sloju. U tim slučajevima prijenos topline je konvektivan. U sustavima za izgaranje na rešetki toplina se prvenstveno dovodi zračenjem koje emitiraju okolni zidovi komore za izgaranje. Prilikom pokretanja peći za paljenje energenta (drvene sječke) koriste se električni puhači vrućeg zraka (goriva s niskim udjelom vode < 35 %, postrojenja u nižem izlaznom rasponu do 900 kW) ili pilotski plamenici na plin (veći rasponi izlaza > 900 kW, maksimalna vlažnost goriva oko 55 %).

Potrebno je napraviti temeljnu razliku između standardnih serijskih jedinica i pojedinačno prilagođenih industrijskih kotlova. S povećanjem pogoršanja kvalitete goriva, odnosno vlažnijeg materijala, nepravilnijih i grubljih komada, začepljenja iglama, kore i lišća, kao i eventualno većim sadržajem strane tvari, mora se koristiti robusnija i složenija tehnologija. Ova složena tehnologija tehnički je izvediva za manja postrojenja u ograničenoj mjeri. Osim toga, potrebna tehnologija dovodi do većih specifičnih troškova ulaganja (instalirani kapacitet u eurima/kW).

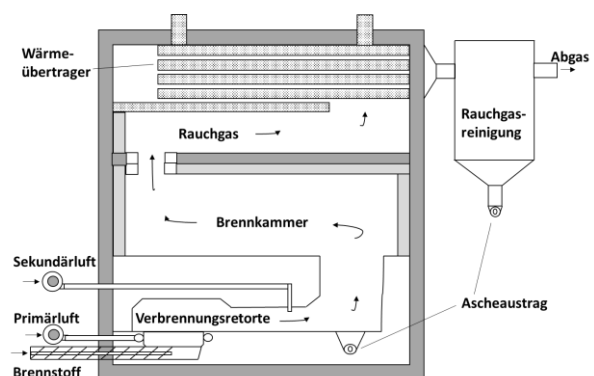
Iako su posebni troškovi ulaganja za serijske jedinice relativno niski, ta postrojenja zahtijevaju visoku kvalitetu goriva. Standardne serijske jedinice pogodne su za suha goriva, na primjer drvena sječka sa sadržajem vode < 35 %, a obično su dostupne do kapaciteta od 500 kW, rijetko do 1.500 kW. Suho, slobodno gorivo može se transportirati u kotao jeftinim sustavima silosa. Takvi uređaji nisu prikladni za šumsko svježu drvenu sječku. Iskustvo je pokazalo da postoji opasnost od požara dimnjaka, prekoračenja graničnih vrijednosti emisija, povećanog zaprljanja i trošenja kotla, smetnji mirisa i problema s ispuštanjem drvene sječke iz silosa ako je gorivo previše vlažno. Sustavi loženja na šumsku svježu drvenu sječku također su se dodatno razvili u niskom rasponu izlaza > 150 kW. Iako su posebni troškovi ulaganja u kotao ovdje veći (do 50 % za istu proizvodnju kotlova), takvi industrijski kotlovi imaju znatno veću fleksibilnost potrošnje goriva. Veći kapitalni troškovi mogu se nadoknaditi nižim troškovima goriva, posebno u kombinaciji s dugim radnim vremenom.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..153** Pregled tehnologija izgaranja. Razvrstavanje prema brzini protoka gorivog plina kroz postrojenje i vrsti transporta goriva.

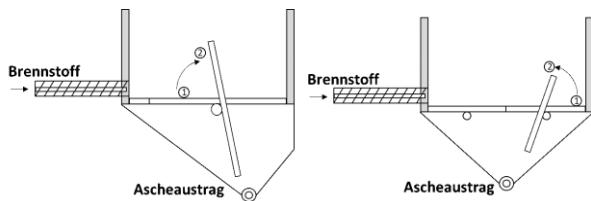
5.3.2 Fiksni sustav paljenja

Kod potpaljivanja (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..16.**), gorivo se dovodi odozdo u vatru kroz (retortu) pomoću pužnog transportera. Tamo se gorivo suši i otplinjava, a ugljen gori. Kako bi se osigurala potpuna oksidacija zapaljivih plinova, dodaje se sekundarni zrak i miješa s plinovima vrućeg izgaranja prije nego što uđu u vruću komoru za izgaranje. U nizvodnom izmjenjivaču topline toplina se oslobađa iz vrućih dimnih plinova i dimni plin se čisti. Pepeo na rešetki obično se mora istresati ručno, ali na tržištu postoje i peći s automatskim sustavima za otklanjanje pepela koji imaju pomičnu rešetku za naknadno sagorijevanje i vijak za odprašivanje. Nazivna snaga kotla potpaljivanja odozdo ograničena je na oko 2,5 MW. Posebno su prikladni za sitnozrnata drvena goriva kao što su piljevina, pelete ili drvena sječka (maksimalna veličina zrna 50 mm) sa udjelom vode od 5 do 50 %. Konstrukcija komore za izgaranje i komore naknadnog sagorijevanja mora biti prilagođena udjelu vode. Kod goriva bogatih pepelom javljaju se problemi s ispuštanjem pepela iz vruće komore za izgaranje. Osim toga, sinterirani ili otopljeni slojevi pepela na površini goriva mogu na kratko vrijeme blokirati oslobađanje plinova izgaranja iz žarnice, što rezultira nestabilnim uvjetima izgaranja pri svakom prodoru plina za izgaranje. Troškovi ulaganja u kotao kod automatskog potpaljivanja odozdo su niži od klasičnog paljenja odozdo na rešetki. Neprekidan unos goriva i stabilan tihi sloj goriva omogućuju jednostavnu i dobru kontrolu izlaza i rad s niskim emisijama pri niskom opterećenju. Međutim, ova vrsta konstrukcije se rjeđe koristi.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..164** Funkcionalni princip loženja odozdo

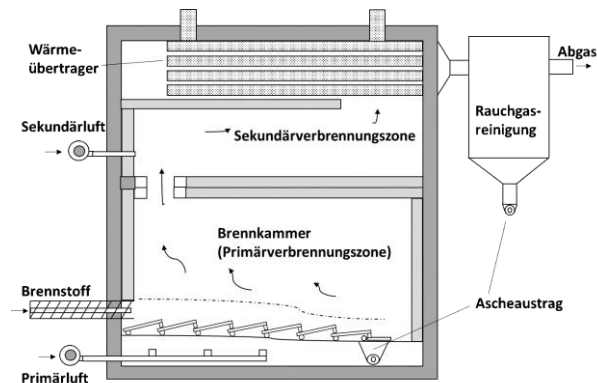
Automatizirani kotlovi s pomičnom rešetkom (često se nazivaju i kotlovima s **kosom ili nagnutom rešetkom**) imaju značajno veću fleksibilnost od ostalih (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..17**). Mogu se sastojati od jednog do tri rotirajuća elementa. Nema aktivnog kretanja goriva na rešetki. Biomasa se gura na rešetku u zatvorenom stanju (1), što čini osnovu za miran sloj žara. Nakon određenog razdoblja rada (npr. 8 sati), dovod goriva se zaustavlja. Zatim se cijela rešetka ili njegov element naginje u stranu i otvara (2). Pepeo pada. Kotlovi s pomičnom rešetkom koriste drvenu sječku i mogu tolerirati sječku s udjelom vlage do 55%. Ovakvi kotlovi zahtijevaju više prostora zbog svoje konstrukcije. Imaju višestruke ventilatore kako bi se osigurao optimalna opskrba zrakom u različitim zonama izgaranja.



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..175 Funkcionalni princip punjenja goriva i uklanjanja pepela za nagibnu rešetku (lijevo) ili rešetku za postupno drobljenje (desno); (1) zatvorena pozicija, (2) otvorena pozicija.

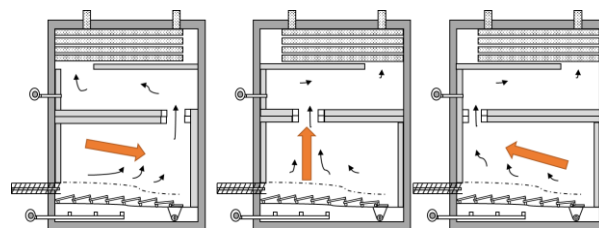
U kotlovima s bočnom dobavom goriva (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..18**), gorivo se gura vodoravno na malu rešetku pričvršćenu direktno na kraj pužnog vijka i prenosi dalje kroz komoru za izgaranje pomicanjem elemenata rešetke. Uklanjanje pepela odvija se na kraju rešetke. Dio zraka za izgaranje dovodi se kao primarni zrak kroz rešetku, koja se može podijeliti u nekoliko zona. Unutar prve zone odvija se sušenje goriva, nakon čega slijedi otplinjavanje u srednjoj zoni (to je glavna zona izgaranja) i izgaranje ugljena u posljednjoj zoni. Zonski kontrolirani dovod primarnog zraka kroz rešetku omogućuje prilagodbu načinu izgaranja goriva, kontinuirani rad s djelomičnim opterećenjem i postavljanje redukcijske atmosfere u zoni primarnog izgaranja. Sekundarni zrak se miješa iznad rešetke ili, povoljnije za smanjenje NOX-a, s prostornim odvajanjem u sekundarnoj zoni izgaranja s zapaljivim plinovima za izgaranje u naknadnoj komori za izgaranje.

Rešetka ispunjava funkcije prijenosa goriva kao i skladištenja i cirkulacije kako bi se homogenizirao sloj goriva i poboljšao prolaz zraka. Kako bi se osigurao ravnomjerni primarni dovod zraka u različite zone rešetke, potrebno je imati najhomogeniju moguću raspodjelu goriva na rešetki. toga je ispravna prilagodba brzine pomaka pojedinih elemenata rešetke ključna za učinkovit rad kako bi se osiguralo ujednačeno, sporo kretanje rešetke. Nehomogena zauzetost može dovesti do troske, vrtlog nesagorjelih čestica i visokog sadržaja letećeg pepela. To zahtijeva veći višak zraka kako bi se postiglo potpuno izgaranje (trake). Prekomjerne frekvencije kretanja elemenata rešetke dovode do neizgorenog ugljika u pepelu ili nedovoljne količine goriva u rešetki. Infracrvene svjetlosne barijere raspoređene po raznim zonama rešetke koriste se za kontrolu visine žara i reguliranje brzine dodavanja.



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..186 Princip kotla s dobavom goriva odozdo

Karakteristika kotlova s pomoćnom rešetkom je prihvatljivost goriva s velikim sadržajem vlage zahvaljujući otpornim površinama u kotlu koje omogućavaju sušenje vlažnog goriva. Dio energije koja se oslobađa tijekom izgaranja potreban je za isparavanje vode sadržane u gorivu. Radijacijski pokrov nad gorivom osigurava visoku temperaturu otplinjavanja. Za uporabu goriva s > 50 % udjela vode, kotao mora imati neohlađeni dimovod za pregorijevanje. Kotlovi s pomičnom rešetkom uglavnom se ostvaruju prema principu protustrujnog protoka. To omogućuje ciljanu recirkulaciju dimnih plinova. U slučaju goriva s visokim sadržajem vode, vrući plinovi izgaranja se također vraćaju preko rešetke prekrivene svježim gorivom, tako da se prethodno sušenje goriva odvija u prvoj zoni rešetke. Na taj se način mogu koristiti goriva sa udjelom vode do 60 %. Osim toga, razlikuju se još dvije vrste geometrije komore za izgaranje na temelju smjera kretanja goriva i plinova: istostrujna i srednjestrujna (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..19**).



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..197 Konstrukcijski principi rešetkastih peći; istosmjerna struja (lijevo), srednja struja (srednja) i kontra struje (desno).

Uz pomoć ventilatora primarni zrak za izgaranje dovodi se odozdo kroz rešetku i ležište goriva te sekundarni zrak u zoni naknadnog izgaranja. Dovod zraka na različitim točkama podržava ventilator ispušnih plinova koji osigurava podtlak u cijelom sustavu. Za ujednačenu opskrbu zrakom i izgaranje s niskim emisijama važna je homogenost drvene sječke s niskim udjelom finih čestica. U kotlovima na biomasu najčešće su nagnute i horizontalne pokretne rešetke. Rešetka se sastoji od naizmjeničnih fiksnih i pomičnih elemenata rešetke. Gorivo se transportira povremenim pomicanjem

uklonjivih rešetkastih elemenata naprijed-natrag. Time se miješaju nesagorele i izgorjele čestice goriva, obnavlja se površina sloja goriva i postiže homogena pokrivenost rešetke gorivom. Horizontalna pokretna rešetka ima nagnute rešetkaste elemente. Njihovo kretanje rezultira vrlo homogenim pokrovom rešetke i uvelike sprječava nastanak troske zbog lokalnog pregrijavanja. Jedna prednost u odnosu na ugrađenu pokretnu rešetku je kompaktniji dizajn.

Za goriva s niskom točkom tališta pepela i za vrlo suha goriva često je potrebno hlađenje rešetkom (vodom ili zrakom). Drugi način upravljanja temperaturom u komori za izgaranje ležišta goriva na rešetki je recirkulacija dimnih plinova. Kako bi se izbjeglo stvaranje troske u sloju goriva, potrebno je koristiti primarnu recirkulaciju dimnih plinova. U tom se slučaju dio protoka dimnih plinova bogatih i siromašnim kisikom CO₂ dovodi u ležište goriva zajedno sa zrakom za izgaranje. Omjer miješanja određen je željenim substehiometrijskim omjerom zraka za izgaranje (manjak zraka). Pregrijavanje komore za izgaranje, koje uzrokuje stvaranje troske i veliko habanje obloge komore za izgaranje, može se spriječiti sekundarnom recirkulacijom dimnih plinova. U tom procesu, dio komore za izgaranje odvojeno ili zajedno sa sekundarnim zrakom. Temperatura sloja goriva ili zone sagorijevanja može se tako sniziti do 200 K smanjujući održavanje i servisiranje.

5.3.3 Izgaranje u fluidiziranom sloju

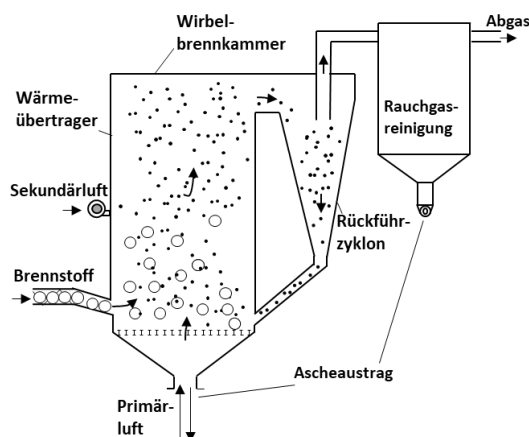
U sustavu izgaranja s fluidiziranim slojem nema fiksnog sloja goriva. Gorivo, zajedno s materijalom s vrućim slojem, granuliranim inertnim materijalom, obično pijeskom i pepelom, fluidizira se primarnim zrakom koji brzo dotječe (obično s komponentom plina za recirkulaciju). Čestice su stoga u fluidiziranom stanju. Materijal ležišta ispunjava funkciju prijenosa topline. On apsorbira oslobođenu toplinu izgaranja i ponovno je oslobađa kroz fluidizirani sloj. Dobro miješanje i vrlo homogena distribucija temperature stvaraju dobre uvjete za toplinsku pretvorbu goriva. Zbog velikih brzina zraka, postoji veći učinak puhala koji se koriste (oko 100 mbar više u odnosu na loženje na rešetki). Tijekom pokretanja peći, materijal sloja se najprije mora zagrijati na oko 600 °C, obično uz pomoć plinskog ili uljnog startnog plamenika prije nego što se gorivo može dodati u komoru za izgaranje.

Peći s fluidiziranim slojem prikladne su za goriva s različitim sadržajem vode i pepela. Temperatura izgaranja mora se održavati ispod temperature omekšavanja pepela ovisne o gorivu, budući da se s porastom temperature povećava sklonost trosku, koroziji i aglomeraciji materijala sloja. Za odvajanje sumpora i klorida, prikladno je uvesti aditive (npr. vapnenac) izravno u komoru za izgaranje. Na taj se način može izbjeći oslobađanje onečišćujućih tvari kao što su SO_x i halogenih spojeva bez većih troškova opreme. Zbog relativno niskih temperatura izgaranja, praktički ne nastaje toplina NO_x. Nastajanje od viška zraka (zračno stapanje) [50]. Sustavi izgaranja u fluidiziranom sloju

stoga su vrlo prikladni za energetska iskorištavanje biogenih ostataka.

Razlikuju se stacionarne i peći s fluidiziranim slojem s cirkulacijom. Pri brzinama plina od 1 do 2 m/s, materijal sloja formira **stacionarni fluidizirani sloj**. Iznad ovog sloja, gorivo se dovodi u komoru za izgaranje, pada na fluidizirani sloj i tamo se otplinjuje. Potpuna oksidacija zapaljivih plinova koji se oslobađaju u procesu odvija se u slobodnom prostoru iznad uz dodavanje sekundarnog zraka. Nije potrebna posebna priprema goriva; dovoljne su veličine zrna < 10 mm. Zbog dimenzija ležišta ova tehnologija je prikladna za postrojenja do 80 MW. Pri većim brzinama plina (5 do 10 m/s) materijal sloja se sve više ispušta iz fluidiziranog sloja. Nakon izlaska iz komore za izgaranje, ponovno se odvaja i cirkulira (**kružni fluidizirani sloj**, Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..20). U usporedbi sa stacionarnim fluidiziranim slojem, ova tehnologija nudi prednost da se krute tvari intenzivnije miješaju kada se dodaju aditivi, što smanjuje potrošnju aditiva.

Iz ekonomskih razloga, cirkulirajući fluidizirani sloj posebno se koristi samo od veličine postrojenja od 30 MW naviše.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..208** Princip rada cirkulacijskog (kružnog) sustava izgaranja s fluidiziranim slojem

5.3.4 Izgaranje prašine

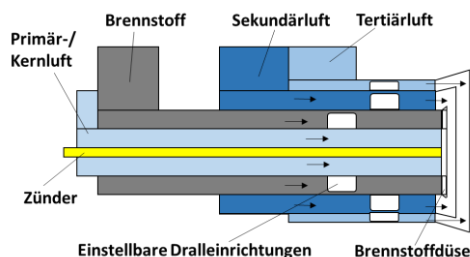
Goriva s udjelom prašine od 50 % kao što se tipično proizvodi u drvoprerađivačkoj industriji, više nisu prikladna za korištenje u sustavu izgaranja odozdo bez rešetke. To bi zahtijevalo obradu briketiranjem ili peletizacijom (poglavlje 4.5). Gorivo se također može koristiti izravno u sustavu za loženje prašine. Ova tehnologija paljenja može se kombinirati s ostalima (npr. peći sa rešetkom ili peći sa fluidiziranim slojem) i omogućuje određivanje goriva (poglavlje 5.6).

U sustavima ubrizgavanja ili loženja prašine prašjavo gorivo (maksimalna veličina čestica od 10 do 20 mm, sadržaj vode < 20 %) pneumatski se unosi u komoru za

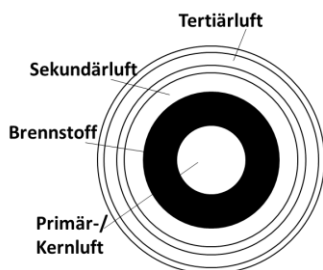
izgaranje. U tom procesu, zrak nosača djeluje kao primarni zrak. Čestice goriva počinju otpinjavati odmah nakon ulaska u peć. Izgaranje hlapljivih komponenti odvija se dodavanjem sekundarnog i tercijarnog zraka.

Sustav za paljenje prašine često je dizajniran u vrtložnom plameniku (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..21**). Ovdje primarni, sekundarni i tercijarni mlazovi zraka upuhuju koncentrično kroz prstenaste mlaznice u komoru za izgaranje. Primarna struja zraka i mlaznica goriva nalaze se u središtu plamena; ovdje nastaje primarna zona izgaranja. Prema van, stapanje zraka postiže se bržim strujanjem sekundarnih i tercijarnih strujanja zraka, koje uvlače ispušne plinove i oksidiraju ih tijekom njihovog djelovanja (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..22**).

Zbog povoljnog miješanja goriva i zraka, kao i male veličine zrna čestica goriva, postiže se visoka kvaliteta izgaranja s niskom emisijom CO₂ (potpuno izgaranje). Opskrba gorivom kontinuirano se može podesiti do djelomičnog opterećenja od oko 25 % nazivnog opterećenja bez značajnijeg utjecaja na karakteristike izgaranja. Još jedna prednost ove tehnologije je niske vrijednosti NO_x zbog stupnja zraka i niskog potrebnog viška zraka. Zbog visoke temperature izgaranja, a time i velike gustoće energije na zidovima komore za izgaranje, potrebno je osigurati mogućnost hlađenja recirkulacijom vode ili dimnih plinova. Veliko toplinsko opterećenje i erozija mogu dovesti do brzog trošenja šamota ([51], [52]).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..21** Presjek kroz vrtložni plamenik



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..22** Princip prijenosa stupnja zraka unutar plamena vrtložnog plamenika (prednji pogled na mlaznice za zrak i gorivo)

5.4 Prijenos topline u dijelu kotla

Toplina koja se oslobađa u komori za izgaranje prenosi se preko izmjenjivača topline iz vrućih dimnih plinova na cirkulacijski medij za prijenos topline, obično tekućinu ili paru (vodu), u CHP postrojenjima ili za procesnu toplinu. Visok prijenos topline ključan je za visoku učinkovitost kotla (poglavlje 20.11). Kako bi se to osiguralo, radne naslage na površinama izmjenjivača topline moraju se uklanjati u redovitim vremenskim razmacima (vidi poglavlje 5.5.)

Ovisno o pojedinim zahtjevima koriste se različite vrste konstrukcija, principa rada (protočno, protustrujno ili poprečno) i nadgradnje (vodoravno ili okomito). U kotlovima na biomasu široko se koriste kotao s vatrogasnim plinovima (struj dimnih plinova unutar cijevi) i boiler s vodocijevni (dimni plin izvan cijevi). Ako se medij za prijenos topline nalazi unutar cijevi izmjenjivača topline, koja je izvana u kontaktu s vrućim dimnim plinom, naziva se vodocijevni kotao. Vodocijevni kotao je dominantan dizajn za proizvodnju pare. U vatrocijevnom kotlu, vrući dimni plin prolazi kroz cijevi oko kojih struji medij za prijenos topline. Uz vodu kao medij za prijenos topline, ova vrsta konstrukcije također je poznata kao boiler i uglavnom se koristi za proizvodnju tople vode. Vatrogasne cijevi obično sadrže takozvane turbulatore. Ove spiralne komponente kovitlaju ispušne plinove (povećavaju turbulenciju protoka), čime se poboljšava prijenos topline na cijev izmjenjivača topline. Turbulatori služe i kao uređaji za čišćenje (poglavlje 5.5.).

Pad temperature ispod točke rosišta ispušnih plinova rezultira kondenzacijom potencijalno korozivnih komponenti plina. Ovdje su važni i sadržaj vode i sumpora i klora u gorivu. Bez obzira na sadržaj sumpora ili klora, djelomični tlak vodene pare, a time i točka rosišta u ispušnom plinu, povećava se s povećanjem sadržaja vode u gorivu. Točka rosišta kiseline u dimnom plinu povećava se i povećanjem sadržaja sumpora i klora i povećanjem sadržaja vodene pare, ovisno o udjelu vode u gorivu i višku zraka. Za goriva s povećanim sadržajem sumpora ili klora (npr. otpadno drvo, drvo od obrezivanja, posebno s cestovnih nasipa, preostalo drvo iz prerade drva), točka rosišta kiseline znatno se uzdiže iznad točke vodene pare na > 100 °C do 200 °C [53].

Ako se ispušni plinovi ohlade ispod odgovarajućih točaka kisele rose, dolazi do sumporne ili klorovodične kiseline, koja je odgovorna za oštećenje korozije (površinska korozija, korozija koštica). Međutim, odlučujući čimbenik za izbjegavanje problema s korozijom nije samo temperatura ispušnih plinova, već i temperatura površina s kojima ispušni plinovi dolaze u dodir. Kako bi se problemi s korozije na površinama izmjenjivača topline u kotlu sveli na najmanju moguću mjeru, proizvođači kotlova propisuju minimalnu ulaznu temperaturu vode u kotao. Što je veći udio vode, to bi trebala biti viša minimalna ulazna temperatura. Minimalna temperatura povrata kotla osigurava se odgovarajućim miješanjem protoka u povrat (zaštita temperature povrata kotla) preko hidrauličkog kruga miješanja u krugu kotla

(kontrolirani 3-smjerni ventil) (vidi poglavlje 7.2). Istodobno se moraju pridržavati minimalnih i maksimalnih brzina protoka koje je odredio proizvođač kotla kako bi se osigurao potpun i ujednačen protok i kako bi se izbjeglo lokalno pregrijavanje.

U postrojenjima koja koriste asortiman goriva s kritičnim sadržajem sumpora i klora, možda će biti potrebno podići temperaturu ulaza kotla na $> 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, ovisno o sadržaju sumpora, klora i vode u gorivu, tako da se otpadni plinovi u dijelu kotla ne hlade lokalno ispod točke rosišta kiseline i tako se mogu izbjeći oštećenja korozije. U komponentama sustava čije su površinske temperature ispod temperatura točke rosišta kiseline dimnih plinova (npr. ekonomizator), površine izložene dimnim plinovima moraju biti izrađene od materijala otpornog na koroziju (nehrđajući čelik). Ohlađene površine separatorskih elektroda (ploča ili unutarnjih cijevi) separatora elektro-čestica također su osjetljive na koroziju tijekom rada kotla na biomasu s malim opterećenjem.

Sustavi za proizvodnju toplinske energije podliježu općim načelima zdravlja i sigurnosti, kodeksima prakse i standardima dizajna, ugradnje i rada i zahtijevaju službene dozvole, odgovarajuća tipska odobrenja, certifikate i službene potvrde o prihvatljivosti i moraju biti opremljeni odgovarajućim sigurnosnim uređajima (npr. graničnik temperature, sigurnosni graničnik tlaka, sigurnosni uređaj za termičko pražnjenje, sigurnosni ventil, uređaji za rad bez stalnog nadzora, napajanje u slučaju nužde itd.). Mora se osigurati da se spriječi nedopušten porast temperature ili tlaka u kotlu ili u hidrauličkom sustavu za proizvodnju topline u bilo kojem radnom stanju, kao i u slučaju nestanka struje. Za to se izričito poziva na mjerodavne nacionalne pravne propise (vidi također 19. poglavlje).

Za ugradnju kotla mora se osigurati dostupnost radnih uređaja i dostupnost prostora potrebnog za rad, a posebno za održavanje (čišćenje).

5.5 Automatsko čišćenje cijevi kotla

Tijekom rada dolazi do obraštanja na kotlovskim cijevima koje dolaze u dodir s vrućim dimnim plinovima. Kako se zaprljanje izmjenjivača topline povećava, prijenos topline se smanjuje i temperatura dimnih plinova se povećava, što negativno utječe na učinkovitost sustava. To je sprječava redovitim čišćenjem kotlovske cijevi. Automatski sustavi za čišćenje uklanjaju naslage, na primjer, pomoću pneumatskih impulsa komprimiranog zraka ili mehaničkih procesa ili čišćenja eksplozijom s tlačnim valovima. Međutim, čišćenje pjeskarenja koristi se samo za specifične zahtjeve postrojenja u velikom izlaznom rasponu.

U manjim sustavima za loženje dimovodne cijevi mogu se ručno čistiti četkama putem otvorenih vrata komore za okretanje ako je dizajn prikladan. Druga mogućnost uklanjanja naslaga iz unutarnjih zidova kotlovskih cijevi

je pomicanje čeličnih spirala (turbulatora) gore i dolje u cijevima kotla (ručno ili električno).

Za sustave loženja $> 200\text{ kW}$ s velikim brojem radnih sati punog opterećenja koristi se pneumatski sustav za čišćenje prenapona tlaka (vidi Sliku Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..23). U redovitim intervalima, naslage na izmjenjivaču topline uklanjaju se impulsima komprimiranog zraka. To može povećati godišnju učinkovitost sustava loženja za 3 do 4 % i olakšati čišćenje. Ručno čišćenje potrebno je ponoviti tek nakon > 2.500 radnih sati punog opterećenja (servisni interval).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..2311**
Automatsko čišćenje cijevi kotla (Izvor: Schmid energetska rješenja).

5.6 Emisije

Kako bi se osiguralo izgaranje s najnižim mogućim emisijama, projektiranje i kontrola sustava loženja od presudne je važnosti. Cilj je postići najpotpunije **izgaranje** korištenog goriva. Pritom se ugljik sadržan u gorivu oksidira kisikom iz isporučenog zraka. Glavni proizvodi ove reakcije su ugljični dioksid (CO_2) i vodena para (H_2O) (Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..12).

Nusproizvod potpunog izgaranja su dušikovi oksidi (NO_x , u tehničkim procesima izgaranja uglavnom NO i NO_2). Oni imaju iritantan učinak na respiratorni trakt. Oni također promiču zakiseljavanje ekosustava i stvaranje prizemnog ozona i sekundarnih čestica. U osnovi, može se napraviti razlika između tri vrste formiranja NO_x -a. Termalni NO_x nastaje na temperaturama $> 1.300\text{ }^{\circ}\text{C}$ reakcijom atmosferskog kisika s atmosferskim dušikom. Promptni NO_x nastaje u relativno malim količinama prvenstveno tijekom izgaranja fosilnih goriva zbog prisutnosti ugljikovodičnih radikala. Formacija se povećava s temperaturom. Uobičajeni temperaturni raspon za izgaranje biomase je između $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $1.200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zbog tih niskih temperatura NO_x nastaje tijekom izgaranja drva praktički isključivo iz dušikovih spojeva sadržanih u gorivu. Stvaranje NO_x -a može se značajno smanjiti optimizacijom geometrije i kontrole komore za izgaranje (određivanje goriva ili određivanje zraka; vidi poglavlje 5.3).

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..122** Proizvodi iz sagorijevanja biomase

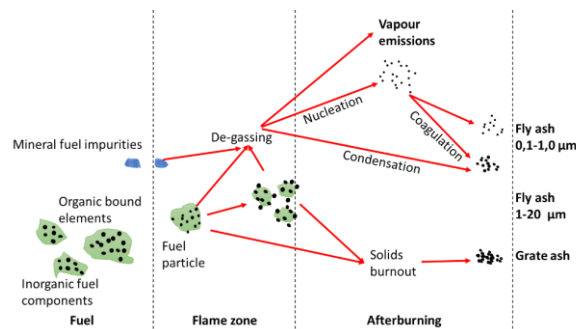
Mehanizam formiranja / izvor	Proizvod
potpuno izgaranje	CO ₂ , H ₂ O
nepotpuno izgaranje	CO, čađi, neizgoreni C _x H _y
B-proizvodi potpunog izgaranja	NO _x
Nečistoće u gorivu	SO ₂ , SO ₃ , H ₂ S, NO _x , pepeo i elementi u tragovima

U slučaju **nepotpunog izgaranja** dolazi do emisija ugljičnog monoksida (CO), neizgorenih ugljikovodika (C_xH_y), policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAH), katrana, čađi, amonijaka (NH₃) i dušikovog oksida (N₂O). Emisije prašine podijeljene su u dvije frakcije na temelju različitih veličina čestica: Krupni leteći pepeo (> 1,0 μm) odnosi se na čestice koje su uvučene iz sloja goriva. Fine čestice (od 0,01 do 1,0 μm) uglavnom se proizvode anorganskim komponentama u gorivu koje isparavaju tijekom izgaranja. Kada se dimni plin ohladi, ponovno se kondenzira i formira soli. To proizvodi čestice u rasponu veličina od 0,1 μm. U slučaju neobrađenog drva s niskim sadržajem kore nastaju uglavnom kalijevi spojevi (npr. kalijev sulfat K₂SO₄). Ako anorganske komponente goriva ulaze u tok dimnih plinova izravno kao čvrste komponente, one djeluju kao jezgre kristalizacije tijekom hlađenja i mogu rasti. U procesu se formiraju čestice u rasponu veličina oko 1 μm. To su također soli, ali uglavnom kalcijevih spojeva (npr. kalcijev oksid CaO). Ovaj put formiranja posebno je važan za goriva s visokim sadržajem kore (veći sadržaj Ca). Stvaranje emisija prašine iz čestica ugljika obično je od sekundarne važnosti ako temperatura izgaranja prelazi 600 °C i postigne se potpuno izgaranje.

Ostale relevantne emisije odnose se na sumporne spojeve (sumporov dioksid SO₂, sumporni trioksid SO₃, sumporovodik H₂S), klorovodičnu kiselinu (HCl) te dioksine i furane (PCDD/F). Zbog niskog sadržaja sumpora i klora u neobrađenom drvu i relativno visoke stope ugradnje klora i sumpora u pepeo, emisije SO₂ i HCl obično su niske. Dioksini i furani nastaju u temperaturumom rasponu od 200 °C do 500 °C na površini neizgorjelih čestica letećeg pepela (de novo sinteza). Emisije PCDD/F obično nisu problem kada se prirodno drvo spaljuje u najsuvremenijim postrojenjima. Mogu se značajno smanjiti potpunim izgaranjem, smanjenjem vrtloženja čestica iz ložišta i učinkovitim odvajanjem prašine. Ipak, treba izbjegavati dugo vrijeme zadržavanja u temperaturumom području novo sinteze.

Tijekom izgaranja iz matrice goriva oslobađaju se anorganske komponente, a time i elementi u tragovima (npr. teški metali). I tijekom izgaranja i na putu do dimnjaka elementi se ponašaju drugačije, pojedini elementi u tragovima pokazuju različitu volatilnost. Njihove individualne temperature isparavanja uzrokuju njihovo isparavanje i ponovno kondenzaciju na različitim mjestima u procesu. Elementi s visokom točkom ključanja (Al, Cr, Fe, Mn, Si) manje su hlapljivi i stoga

uglavnom ostaju u donjem pepelu. Ako je točka vrenja nešto niža (As, Pb, Cd, Zn), elementi isparavaju tijekom izgaranja i kondenziraju se, apsorbiraju ili adsorbiraju na grubom ili finom letećem pepelu kada se dimni plinovi ohlade i tako se odvajaju od dimnog plina. Elementi koji reagiraju s kisikom ili imaju vrlo nisku točku ključanja prvo prolaze u ispušni plin (N, S, Hg). Tretiraju se odvojeno u sustavu za čišćenje dimnih plinova (ciljano denitrifikacija, odsumporavanje) (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..24**).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..2412** Ponašanje elemenata u tragovima u gorivu tijekom i nakon izgaranja

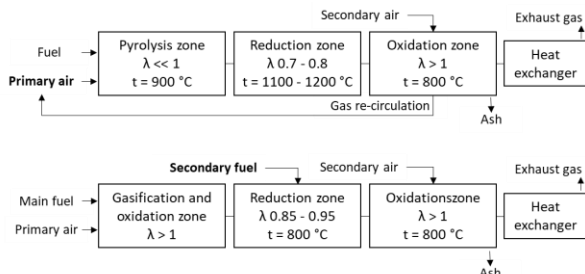
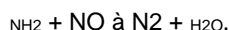
5.7 Primarne mjere za smanjenje emisija

Primarne mjere za smanjenje emisija iz peći uključuju i projektne mjere i odgovarajuću kontrolu radnih parametara. Optimizacijom gore navedenih faza procesa izgaranja mogu se smanjiti emisije iz nepotpunog izgaranja. Odlučujući u tom kontekstu je stabilan, visoki sloj goriva u kojem se gorivo i zrak dobro miješaju s plinovima izgaranja u visokim temperaturnim rasponima (> 850 °C). U tom kontekstu, omjer isporučenog zraka i potrebnog zraka (višak broja zraka λ) igra ključnu ulogu. Teoretski, višak broja zraka λ = 1 bio bi optimalan za postizanje (stehiometrijski) potpunog izgaranja. U praksi se za velike sustave koristi ukupan višak zraka od 1,3 do 1,8, a za male i srednje sustave od 1,5 do 2,0 jer to omogućuje optimalno miješanje goriva, dimnog plina i isporučenog zraka. Višak broja zraka λ < 1 dovodi do nepotpunog izgaranja, a samo dio energije pohranjene u gorivu oslobađa se kao toplinska energija. Ako se u proces izgaranja (λ >> 1) dovodi do previše zraka, dolazi do hlađenja, što dovodi do nepotpunog izgaranja. Optimizacija viška zraka može se ostvariti geometrijskim odvajanjem izgaranja u primarnu i sekundarnu zonu izgaranja. U primarnoj zoni izgaranja sušenje i piroliza/otplinjavanje goriva odvija se u sudikimetrijskim uvjetima (λ < 1) kao i oksidacija ugljena. U sekundarnoj zoni izgaranja potpuna oksidacija zapaljivih plinova odvija se opskrbom sekundarnim zrakom (λ > 1) [54]. U modernim kotlovima s dobro dizajniranim upravljačkim sustavima može se učinkovito smanjiti koncentracija neizgorenih komponenti dimnih plinova. Recirkulacija primarnog i sekundarnog dimnog plina (vidi poglavlje **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.**)

upotrebljava se i za optimizaciju uvjeta izgaranja i kao primarne mjere za smanjenje emisija.

Odgovarajući dovod zraka u instalaciju također je od velike važnosti za smanjenje emisije prašine iz peći s fiksnim ležištem. Komora za gorivo treba biti što je moguće tiha i stabilnija, s primarnim zrakom koji ravnomjerno struji kroz njega tako da se čestice ne uzburkaju i ne uvlače. Međutim, to dovodi do niskog miješanja zapaljivih plinova i zraka u primarnoj zoni izgaranja. Stoga je fokus u sekundarnoj zoni izgaranja na optimalnom miješanju kako bi se održao potreban ukupni višak zraka i povećala učinkovitost postrojenja. To se može postići poprečnim presjecima uskim kanalima u kojima zapaljivi plin doseže veliku brzinu. Sekundarni zrak se također uvodi velikom brzinom preko raspoređenih mlaznica. Ostale mogućnosti uključuju vrtlog ili sekundarnu komoru za izgaranje nalik ciklonu. Sveukupno, ukupni višak zraka treba svesti na najmanju moguću mjeru, ali dovoljno visok kako bi se omogućilo potpuno izgaranje.

Kao primarne mjere za redukciju dušikovog oksida, dostupni su procesi zračnog stupnja i goriva. ([55], [56], [57], [58]) (Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.). U oba procesa stvara se redukcijaska zona u kojoj dušikovi spojevi nastali tijekom razgradnje goriva međusobno reagiraju pod nedostatkom kisika kako bi stvorili stabilan, bezopasan molekularni dušik, kao u sljedećoj reakciji:



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..13 Načelo stupnjevanja zraka (gore) i stupnjevanja goriva (dolje) za smanjenje nox-a

Nijedna metoda se ne može naknadno ugraditi. Zračno uprizorenje koristi se za nove toplane > 200 kW, a uprizorenje goriva koristi se od oko 5000 kW. Proces ima potencijal smanjenja NOX-a od oko 30 do 50 % za goriva s niskim sadržajem dušika i 50 do 70 % za goriva s većim sadržajem dušika ([55][55][56][56]). Potencijal smanjenja uprizorenja goriva nešto je veći s nešto širim radnim rasponom snage loženja [57].

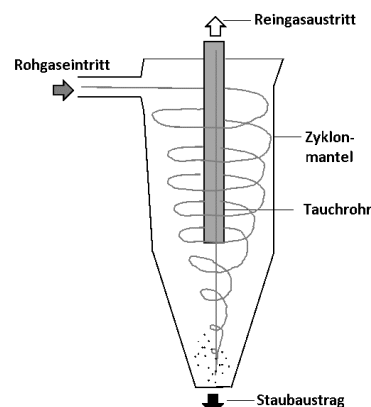
Učinkovito smanjenje dušikovih spojeva na N_2 postavljanjem zraka događa se kada su plinovi izgaranja dovoljno dugi u zoni redukcije (min. 0,3 s, $\lambda = 0,7 - 0,8$) na visokim temperaturama (1.100 °C do 1.200 °C) ([55], [57]). Da bi se to postiglo, tehnologija postrojenja mora biti dizajnirana za inscenirano izgaranje, a svi radni parametri moraju biti precizno kontrolirani. Kako bi se spriječilo miješanje sekundarnog zraka u primarnu zonu

izgaranja, potrebno je konstruktivno odvajanje primarnih i sekundarnih zona izgaranja. Korištenje goriva koja su bogata pepelom ili šljakom je kritična zbog visokih temperatura. Za usporedbu, uprizorenje goriva zahtijeva nešto manje precizno pridržavanje uvjeta reakcije. Ovdje se u drugu komoru za izgaranje dodaje sekundarno gorivo koje se brzo i dobro miješa s plinovima s vrućim izgaranjem (oko 800 °C). Drvena prašina je, na primjer, prikladna. Polazeći od niskog nedostatka primarnog zraka ($\lambda = 0,85$ do $0,95$), dodatno gorivo osigurava smanjenje uvjeta. U oba slučaja potpuno izgaranje odvija se u nizvodnoj oksidacijskoj zoni s viškom zraka.

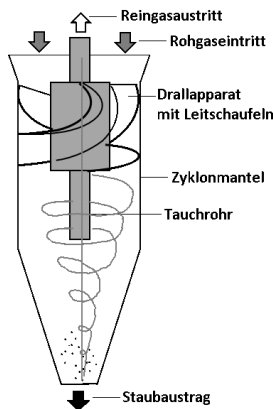
5.8 Sekundarne mjere za smanjenje emisija

5.8.1 Uklanjanje prašine

Ciklone se koriste za odvajanje grube prašine. **Multiciklona** se koristi za velike protoke volumena. Multiciklona je paralelna veza nekoliko pojedinačnih ciklona koje se kombiniraju u jednom kućištu. Ciklon je centrifugalni separator. Plin opterećen česticama teče tangencijalno (Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 25 ili aksijalno Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..26) u cilindričnu ciklonsku komoru gdje je postavljen u rotirajući tok. Pritom se čestice pepela izbacuju iz protoka na zid stjenke ciklona i odatle odvajaju prema dolje u smjeru ispuštanja prašine. Očišćeni plin napušta ciklon preko cijevi za uranjanje.



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 25 Presjek kroz jednu ciklonu (tangencijalni separator).

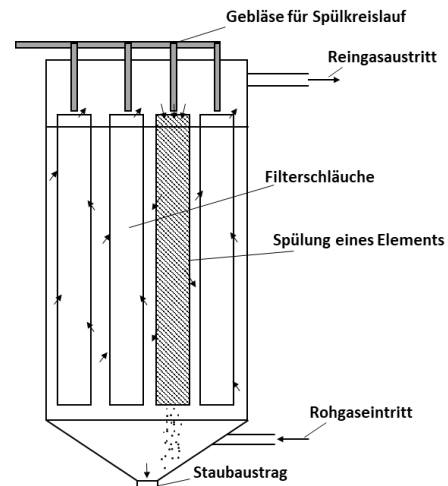


Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..2615** Presjek kroz jednu ciklonu (aksijalni separator).

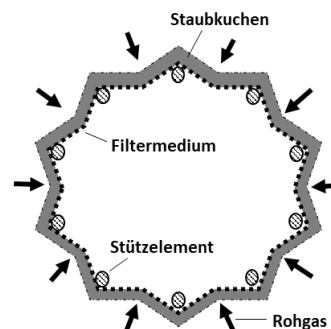
Učinak odvajanja ciklona u postrojenjima za izgaranje drva ograničen je na grube čestice pepela $> 10 \mu\text{m}$. U pravilu se postižu vrijednosti čistog plina od 120 do 200 mg/m^3 (pri 11 vol.% O_2) [59]. Učinkovitost odvajanja ovisi o obodnoj brzini rotacijskog protoka i geometrijskom dizajnu ciklona. Što je veća obodna brzina, to su manje čestice koje se mogu odvojiti. Međutim, s povećanjem brzine povećava se i gubitak tlaka. Sa smanjenim brzinama izgaranja, s druge strane, učinkovitost odvajanja se smanjuje zbog smanjene brzine dimnih plinova. Osim toga, čestice $> 10 \mu\text{m}$ ne mogu se uvijek pouzdano odvojiti ako imaju vrlo nisku gustoću i stoga je centrifugalna sila preniska.

Zbog relativno malog prostora i niskih troškova ulaganja i rada, ciklon je najčešće korištena metoda prikupljanja prašine u toplinskim sustavima grijanja na biomasu. Međutim, sama njegova uporaba obično nije dovoljna za usklađivanje s graničnom vrijednošću prašine. Stoga se ciklone koriste za grubo odvajanje prašine za procese odvajanja prašine nizvodno. Time se smanjuje opterećenje prašine u nizvodnim filtarnim jedinicama, što na taj način može raditi učinkovitije. U procesima mokrog odvajanja mogu se smanjiti troškovi upravljanja mulja i odlaganja.

U **filtru od tkanine**, dimni plin natovaren prašinom usisava se izvana kroz filtarski medij, koji se obično nanosi na cilindričnu potpornu tkaninu. Na filtarskom mediju stvara se filtarski okvir koji se povremeno čisti kratkim udarima komprimiranog zraka u suprotnom smjeru s strujom ispušnih plinova (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27.**, Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..28**).



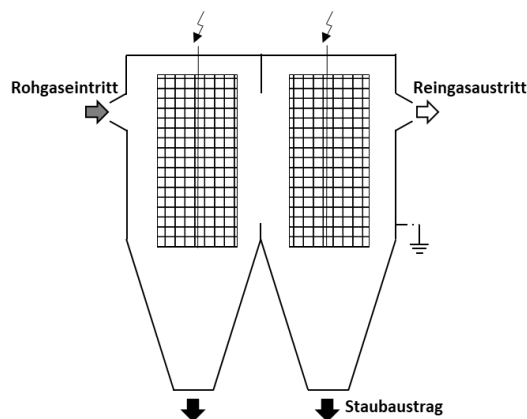
Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..2716** Shematski prikaz filtra tkanine: Paralelni raspored elemenata vrećice filtra. Paralelni raspored elemenata filter vrećice. Tri elementa su u radnom položaju, četvrti element se čisti po principu protutoka (čišćenje komprimiranim zrakom).



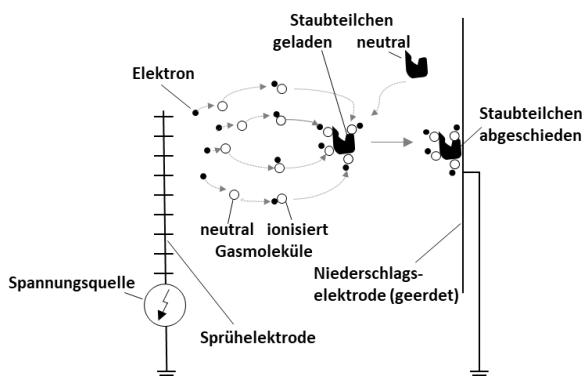
Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..2817** Presjek kroz filtarsku vrećicu.

Uobičajeni filtarski mediji su igličasti filci koji se površinski obrađuju ovisno o kemijskom sastavu i temperaturi ispušnog plina (npr. Teflon, PTFE). Važan čimbenik u radu je temperatura ispušnih plinova, jer kondenzacija ispušnih plinova može dovesti do začepljenja filtra i prerane zamjene medija filtra. Radni raspon je od 180 do 220 $^{\circ}\text{C}$ (maksimalna temperatura dimnih plinova od 250 $^{\circ}\text{C}$, minimalna temperatura dimnih plinova sa suhim gorivom od $> 140^{\circ}\text{C}$). Visok sadržaj vodene pare u dimovodnom plinu je kritičan (npr. s vlažnim gorivom ili u radu s djelomičnim/malim opterećenjem). Osim toga, potrebno je odvajanje čestica iskre i žara. U rasponu od $> 100 \text{ kW}$ snage koriste se platnjeni filteri sa srednjim ulaganjem, ali relativno visokim troškovima rada. Kompaktne jedinice filtra imaju nisku potrebu za prostorom. Filtri od tkanine imaju visoku učinkovitost odvajanja. Mogu se postići vrijednosti čistog plina od 1 do 5 mg/m^3 (pri 11 vol.% O_2) [59]. Curenja kao što su pukotine kose ili rupe u tkanini drastično smanjuju učinkovitost odvajanja. Dodavanjem apsorbenata (aditiva) postoji mogućnost dodatnog odvajanja HCl , SO_x i dioksina (PCDD / F).

U elektrostatičkom taložniku razdvajanje čestica odvija se pomoću električnog polja. Pojam "elektrostatički taložnik" također se koristi kolokvijalno, ali budući da se odvajanje ne odvija filtracijom, pojam elektrostatički taložnik koristi se u sljedećem (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..29).**). Elektrostatički taložnik sastoji se od elektrode za prskanje spojene na izvor napona i uzemljene sabirne elektrode. Molekule plina ioniziraju se elektronskom strujom i priranjaju na čestice u sirovom plinu. Tako nabijene čestice pričvršćuju se na sabirnu elektrodu i tamo se talože (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..30).** Elektrostatični taložnici također se mogu koristiti pri niskim kapacitetima. Učinkovitost odvajanja je visoka, sa sadržajem čistog plina od 5 do 50 mg/m³ (pri 11 vol.% O₂), međutim, s visokim zahtjevima prostora i visokim troškovima ulaganja, kao i srednjim operativnim troškovima.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..2918** Shema elektrostatičkog taložnika.



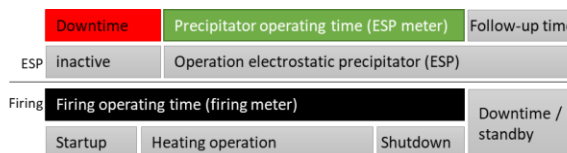
Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..3019** Fizički princip rada elektrostatičkog taložnika.

Najčešće se koriste suhi elektrostatički taložnici. Dizajn je obično pločasti ili cijevni elektrostatički taložnik. Pločasti elektrofilteri, koji se povremeno čiste pomoću uređaja za rezanje, danas su dostupni kao etablirana

tehnologija za postrojenja > 200 kW. Potreba za prostorom je visoka, visina odgovara približno uzvodnom kotlu. Pad temperature ispod točke rosišta u ispušnim plinovima mora se spriječiti sve dok je visoki napon uključen. Kako bi se smanjio rizik od kratkog spoja, izolatori se dodatno vraćaju iz protoka plina i često se dodatno zagrijavaju. Unatoč tim mjerama, visoki napon može se uključiti samo kada temperatura dimnih plinova dosegne 80 °C za prirodno drvo, na primjer, i 130 °C za otpadno drvo. Ispod ove granične vrijednosti koju je odredio proizvođač, električni separator je neučinkovit. Stoga se tijekom pokretanja i rada s minimalnim opterećenjem mora osigurati rad u stabilnom stanju. U tu svrhu može se koristiti prenosnica kotla na ispušnoj strani za brzo podizanje temperature dimnih plinova u električnom separatoru. U serijskim jedinicama električni separator može se integrirati izravno u kotao. Cjevasti elektrostatički filteri nude se za toplinske sustave na biomasu do 5.000 kW. U njima je raspoređeno nekoliko filterskih cijevi s unutarnjim elektrodama za prskanje. Čišćenje unutarnjih stijenci cijevi vrši se mehaničkim čišćenjem četkama. U usporedbi s elektrostatičkim pločastim filterom, prostorni zahtjev se smanjuje, ali se primjenjuju isti zahtjevi u pogledu pada ispod točke rosišta.

Postoje i **mokri elektrostatički filteri** koji se koriste u kombinaciji s kondenzacijom dimnih plinova (vidjeti poglavlje 13.7.2.3). Da bi se vodena para u dimnom plinu kondenzirala potrebna je maksimalna temperatura povrata < 45 °C (i niža kod suhog goriva). Tijekom kondenzacije vodene pare, nabijene čestice prašine koriste se kao kondenzacijske jezgre i, ugrađene u kapljice vode, odvajaju se kao kondenzatni mulj. Stupanj odvajanja povećava se sadržajem kondenzacijske vode, a vanjski zahtjev za vodom sveden je na minimum. Još uvijek se mora uzeti u obzir obrada mulja i pročišćavanje vode.

U okviru QM-a sustava za postrojenja kod ispitivanja biomase trebalo bi definirati i provjeriti **minimalnu godišnju dostupnost** sakupljača prašine tijekom operativne optimizacije (pokazatelj 5.), s obzirom na to da bi elektrostatički filter trebao biti aktivan u svim fazama s relevantnim emisijama prašine (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..31).**



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..31** Tipični radni ciklus peći i elektrostatičkog taložnika (vidjeti često postavljana pitanja 38).

Pokretanje, rad grijanja i isključivanje kombiniraju se kao jedna radna faza; odgovaraju radnom vremenu izgaranja. Vrijeme rada razdjelnika može se računati samo ako je električni separator u pogonu u isto vrijeme kada i izgaranje (zeleno). Ako električni separator ima kašnjenje ili kvar uključivanja, dolazi do zastoja (crveno).

Ako električni separator radi dulje od sustava za loženje, ovo je vrijeme izvođenja koje se ne smije računati kao vrijeme rada. Tijekom gašenja/stanja pripravnosti sustava za loženje emisije prašine znatno su niže nego tijekom rada sustava za loženje. S vremenom praćenja elektrostatskog taloga, emisije prašine ipak se mogu dodatno smanjiti. Dostupnost elektrostatskog taloga obično se određuje tijekom jedne godine i definira se kao omjer akumuliranog vremena rada taloga (zeleno) i akumuliranog radnog vremena peći (crne).

$$\text{Availability [\%]} = \frac{100 \cdot \text{Precipitator operating time}}{\text{Furnace operating time}}$$

I za elektrostatske filtere i za filtre od tkanine, minimalna temperatura koju je odredio proizvođač, koja ovisi o gorivu, mora se postići što je brže moguće tijekom pokretanja i mora se izbjeći pad temperature tijekom minimalnog rada opterećenja. Također se mora poštivati najveća dopuštena temperatura na ulazu u separator/filtar. Konfiguracija i način rada sustava ima veliki utjecaj na to. Dok, na primjer, postrojenja za preradu drva i postrojenja za spaljivanje otpadnog drva često rade u radnom režimu, mono ili dvovalentna postrojenja za daljinsko grijanje na biomasu sa sve većim udjelom rada s malim opterećenjem nalaze se u području opskrbe toplinskom energijom za stambene zgrade.

Napomene o integraciji i operativnoj optimizaciji (vidjeti poglavlje 16)

- U sustavima s dva kotla na biomasu ne preporuča se rješenje samo s jednim separatorom čestica i jednim dimnjakom. Opremanje svakog kotla vlastitim separatorom čestica i dimnjakom je skuplje, ali rezultira prednostima zbog jasnih vodova kotla (bez poprečnog utjecaja na strani dimnih plinova, optimalan poprečni presjek dimnjaka, manje problema u radu s djelomičnim opterećenjem itd.).
- Pri temperaturama dimnih plinova > 120 °C mora se provjeriti treba li izmjenjivač topline dimnih plinova (ekonomizator) ugraditi prije ili nakon elektrostatskog filtera ili filtra tkanine. Pri nižim temperaturama dimnih plinova, izmjenjivač topline uvijek treba ugraditi nakon elektrostatičkog filtera kako bi se izbjegla kondenzacija komponenti dimnih plinova u elektrostatskom filteru.
- Važno je da su površine za izmjenu topline u kondenzacijskom izmjenjivaču topline ispušnih plinova uvijek mokre na strani ispušnih plinova. Ovo je jedini način da spriječite nedovoljno željene naslage koje se mogu nakupiti u zonama koje se izmjenjuju između mokrog i suhog.
- U konceptu operativne optimizacije uvijek se mora nedvosmisleno odrediti da se "separator čestica u radu" (tj. visokonaponski uključen ili zatvoren prenosnik ili uključeno ubrizgavanje vode za pranje) bilježi tijekom automatskog bilježenja podataka, a ne samo signal oslobađanja.

5.8.2 Denitrifikacija

Za goriva bogata dušikom, kao što su otpadno drvo, ostaci iverice, neobrađeno tvrdo drvo ili meko drvo s

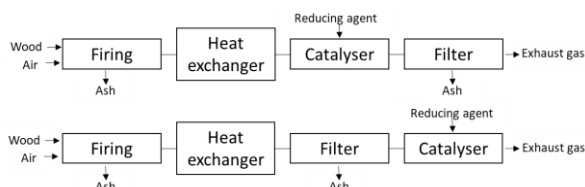
visokim sadržajem kore, moraju se upotrijebiti sekundarne mjere za smanjenje NO_x-a kako bi se poštovala definirane granične vrijednosti emisija. Opseg primjene detaljnije je objašnjen u poglavlju 13.9.2. Mjere denitrifikacije teško je ili čak nemoguće naknadno ugraditi. Stoga se njihova uporaba mora uzeti u obzir i, ako je potrebno, planirati od samog početka pri određivanju tehnologije loženja i raspona goriva.

U SNCR (selektivna ne-katalitička redukcija) proces, redukcijsko sredstvo se ubrizgava u zonu redukcije izravno u komori za izgaranje. Korišteno sredstvo za smanjenje je otopina amonijaka (NH₃) ili uree (NH₂CONH₂), koja nije korozivna i stoga je lakša za rukovanje. Na visokim temperaturama nastaju NH₂ radikali koji se s NO-om svode na elementarni dušik (N₂). Potrebno je optimalno miješanje u reakcijskoj zoni. Potrebno je ciljati vrijeme boravka od oko 0,5 sekundi u temperaturnom rasponu od 850 do 950 °C. Za dosiranje redukcijskog sredstva potrebno je mjerenje NO_x u ispušnom plinu (molarni omjer $n = \text{NH}_3/\text{NO}_x$ [mol/mol] = približno 2). Prosječni stupanj denitrifikacije u procesu SNCR-a je 50 do 75 %; u optimalnim uvjetima reakcije moguće je do 95 % [57]. Proces se obično koristi u novim postrojenjima, ali se također može naknadno ugraditi ovisno o individualnoj dostupnosti prostora. Postoji i mogućnost izgradnje novih postrojenja "spremnih za SNCR". U tom slučaju, peć je već opremljena komponentama potrebnim za proces SNCR-a (zona redukcije, otvori za ubrizgavanje, prostorne rezerve za smanjenje spremnika za sredstva itd.). Ako nakon puštanja u pogon postane očito da je denitrifikacija potrebna, naknadna ugradnja može se provesti brzo.

SNCR proces zahtijeva preciznu kontrolu uvjeta reakcije. Dobro je prikladan za rad s opterećenjem trakom i u kombinaciji s mokrim peraćem. Ubrižgavanje redukcijskog agensa izvan gore navedenog temperaturnog prozora pogoduje stvaranju dušičnih nusproizvoda kao što su amonijak, dušikov oksid relevantan za klimu (N₂O), vodikov cijanid (HCN) i izocijanska kiselina (HNCO).

Ako se redukcijsko sredstvo koristi zajedno s **katalitičkim pretvaračem**, to se naziva **SCR (selektivna katalitička redukcija)**. SCR omogućuje stupanj denitrifikacije od preko 95% uz nisko klizanje amonijaka. Preporuča se integrirani oksidacijski katalizator za smanjenje mogućih dioksida. Potrebno je mjerenje NO_x i precizna kontrola molskog omjera ($n = \text{NH}_3/\text{NO}_x$ [mol/mol] = približno 1). Za način rada pravi se razlika između visoke prašine s odvajanjem prašine nizvodno i niske prašine s odvajanjem prašine uzvodno (Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..32.). Raspon temperature za proces niske prašine je između 200 i 250 °C, za proces visoke prašine između 250 i 450 °C. Ovdje se preporučuje nizvodni ekonomizator za smanjenje temperature ispušnih plinova. S procesom visoke prašine moguće je začepljenje katalitičkog pretvarača naslagama prašine, a samo je ponekad prikladno za preostalo i otpadno drvo. Osim toga, u oba slučaja postoji mogućnost da otrovi katalizatora kao što su arsen, fosfor ili alkalijski metali

deaktiviraju katalitički materijal [51]. Ako se otrovi katalizatora odvajaju, na primjer prašinom, prije nego što ispušni plinovi uđu u katalitički pretvarač, smanjuje se tendencija trovanja, a time i vijek trajanja elemenata katalitičkog pretvarača. QM stoga ne preporučuje proces visoke prašine za postrojenja za toplu vodu na biomasu zbog problema s trovanjem i začepljenjem.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..3221** Selektivna katalitička redukcija (SCR) proces visoke prašine (gore) i proces niske prašine (dolje).

5.9 Rekuperacija topline s ekonomajzerom i kondenzacijom dimnih plinova

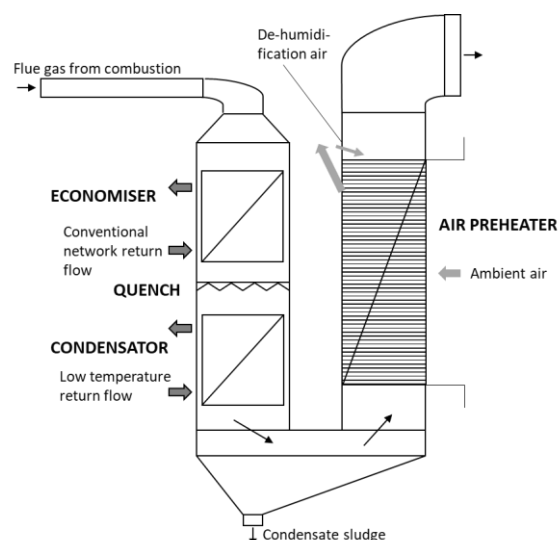
Učinkovitost proizvodnje topline može se znatno povećati ako se dimni plinovi dodatno ohlade u dodatnim izmjenjivačima topline nakon izlaska iz kotla (poglavlje 13.7.2).

Ekonomajzer je dodatni izmjenjivač topline za predgrijavanje povratnog voda sustava. Tamo se dimni plinovi hlade na oko 75 do 80 °C (odmah iznad točke rosišta). Kada se sustav grijanja pokrene ili kada temperatura u dimnjaku padne ispod temperature postavljene točke, dio protoka vrućeg dimnog plina dovodi se izravno u dimnjak pomoću prigušivača dok se ponovno ne postigne postavljena temperatura. Zbog velikog potencijala za povećanje učinkovitosti, pri planiranju toplane na drva uvijek treba uzeti u obzir uporabu ekonomajzera. Na primjer, s viškom broja zraka $\lambda = 2$, dodatno hlađenje dimnih plinova za 10 K rezultira povećanjem učinkovitosti izgaranja za oko 1 % [60]. Ovisno o prekomjernom broju zraka i sadržaju vode, može se postići povećanje učinkovitosti od 5 do 7 %. Kako bi se održao potreban višak zraka niskim ($\lambda < 1,8$), potrebna je dobra kontrola izgaranja.

Sustav **kondenzacije dimnih plinova** obično se sastoji od tri faze. Dimni plinovi koji napuštaju kotao prvo prolaze kroz ekonomajzer, zatim kondenzator (s uzvodnim gašenjem) i za slučaj potrebe za predgrijačem zraka nizvodno (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..33.**). Raspon primjene je obično za postrojenja od 1 MW. U slučaju visokih troškova goriva i dugog vremena rada postrojenja (rad u opsegu opterećenja) moguća su i manja postrojenja od oko 500 kW. Prosječna temperatura povrata od potrošača treba biti niska i najmanje 10°C ispod točke

rosišta dimnih plinova. Treba razmotriti odvojeni povrat niske temperature za kondenzator.

U kondenzatoru se ispušni plinovi dalje hlade ispod točke rosišta. To uzrokuje kondenzaciju dijela vodene pare sadržane u ispušnom plinu. Pritom se oslobađaju velike količine energije, uglavnom latentne topline. Udio vode u gorivu igra važnu ulogu; što više vode uđe u proces s gorivom, to se više pare može ponovno kondenzirati. Što je niža temperatura na koju se dimni plin može ohladiti, to učinkovitije funkcionira kondenzacijski sustav dimnih plinova. S malim ukupnim viškom zraka u izgaranju, visokim sadržajem vode u gorivu i niskom temperaturom povrata kruga grijanja (< 40 °C), učinkovitost sustava loženja može se povećati do 20 %. U ulaznom području kondenzatora mogu postojati mrlje na strani dimnih plinova koje su naizmjenice mokre ili suhe, ovisno o radnom stanju. Takva područja su izložena riziku od naslaga i korozije. Kako bi se izbjegli takvi problemi, često se postavlja gašenje uzvodno, što vlaži ispušni plin i hladi ga do točke rosišta. Kada ovlaženi ispušni plin dođe do kondenzatora, dolazi do daljnjeg hlađenja i temperatura pada ispod točke rosišta (taloženje kondenzata). To sprječava suhe mrlje u kondenzatoru.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..3322** Shematski prikaz sustava kondenzacije dimnih plinova.

Proizvedeni kondenzatni mulj mora se odvojiti od tekuće faze, kondenzata, zbog teških metala koje sadrži, na primjer u taložnici, a zatim odložiti na odlagalište ili industrijski obraditi. Ovo odvajanje treba se odvijati pri $\text{pH} > 7,5$ kako bi se spriječilo elucija teških metala u tekuću fazu. Ako je kvaliteta izgaranja visoka ($\text{CO} < 250 \text{ mg/m}^3$ pri 11 vol.% O_2) i nakon uporabe faze neutralizacije (pH kontrola), višak kondenzata može se ispustiti u kanalizacijski sustav nakon odvajanja mulja, u skladu s lokalnim propisima.

Sustavi u pravilu imaju najmanje jedan **predgrijač zraka** u kojem dimni plinovi predaju daljnju toplinu dolaznom zraku. Dio tog prethodno zagrijanog zraka koristi se kao

zrak za izgaranje; drugi se miješa s ohlađenim dimnim plinom kako bi se spriječila daljnja kondenzacija u nizvodnim cjevovodima i u dimnjaku, kao i kako bi se smanjilo nastajanje vodene pare na dimnjaku. Potpuna de-isparavanje nije apsolutno potrebna jer to nema daljnju tehničku korist, već samo vizualni učinak. To može biti osobito važno za postrojenja za daljinsko grijanje na biomasu u turističkim područjima i područjima u blizini naselja.

Prilikom integracije izmjenjivača topline dimnih plinova potrebno je paziti da se osigura pravilan raspored s komponentama za čišćenje dimnih plinova. Kondenzacijski sustav dimnih plinova u kombinaciji s mokrim elektrostatičkim filterom postiže učinkovitost prikupljanja prašine, uključujući sitne čestice od oko 95 %. Ako je suhi elektrostatički filter ili filter tkanine postavljen uzvodno od ekonomajzera ili sustava kondenzacije otpadnih plinova, kontaminacija tih komponenti može se znatno smanjiti i izbjeći skupo odlaganje mulja kondenzata.

5.10 Tehnologija kontrole procesa

5.10.1 Osnove

Tehnologija kontrole procesa koristi se u različitim područjima primjene. Tehnologija kontrole procesa u osnovi obuhvaća cjelokupnu tehnologiju mjerenja i kontrole (I&C tehnologija) i povezane tokove podataka postrojenja (za daljnje definicije pojmova vidjeti [61]). I&C služi za automatizaciju rada postrojenja i uključuje sve potrebne zadatke kontrole, regulacije i praćenja. Integracija odgovarajućih I&C sustava i kontrolnih koncepata preduvjet su učinkovitog, nisko emisijskog i sigurnog rada postrojenja te su stoga važne komponente planiranja i izvođenja postrojenja za biomasu. Sukladno tome, važnost u okviru QM-a za elektrane na biomasu je velika. Ova tema je detaljno obrađena u standardnim hidrauličkim shemama. ([62]). Ovdje se ne obrađuju osnove tehnologije mjerenja i upravljanja (vidi na primjer [63]), osim nekih specifičnih tema relevantnih za planiranje, izgradnju i rad postrojenja za grijanje na biomasu.

Tehnologija kontrole procesa značajno se razvila od kada su izgrađene prve elektrane na biomasu. Sveobuhvatna I&C oprema koja omogućuje potpuni automatski rad postrojenja je najsuvremenija. Danas su čak i mali kotlovi iz serijske proizvodnje opremljeni potpuno automatskim upravljačkim sustavom i digitalnim korisničkim sučeljem.

Pojmovi

Kontrola je proces u kojem se varijabla koju treba postaviti (kontrolirana varijabla) kontinuirano mjeri i uspoređuje s referentnom varijablom (setpoint). Rezultat usporedbe utječe na kontroliranu varijablu na takav način da se kontrolirana varijabla poravnava s referentnom varijablom. Dobiveni slijed efekata odvija se u zatvorenoj kontrolnoj petlji. S druge strane, **regulacija** predstavlja otvoreni lanac djelovanja (kontrolni lanac) u kojem se na varijablu koju treba postaviti utječe (kontrolira) ovisno o najvažnijoj varijabli utjecaja (varijabla poremećaja) bez mjerenja varijable koju treba postaviti. Stvarna vrijednost varijable koju treba postaviti stoga se ne provjerava i nema utjecaja na kontrolni lanac (vidi [63]).

Osnovna je zadaća **mjerne tehnologije** kvantitativno bilježiti tehničke procese odgovarajućim mjernim uređajima (senzorima) i pružiti osnovu za kontrolu i reguliranje procesa s izmjerenim varijablama (za daljnju literaturu vidjeti [64]).

Prema EN 61131 - Dio 1 [65] **programabilni logički kontroler (PLC)** je digitalno operativni elektronički sustav za uporabu u industrijskim okruženjima s programabilnom memorijom za internu pohranu korisnički orijentiranih kontrolnih uputa za implementaciju određenih funkcija, kao što su logička kontrola, kontrola slijeda, vrijeme, brojanje i aritmetičke funkcije, za kontrolu različitih vrsta strojeva i procesa putem digitalnih ili analognih ulaznih i izlaznih signala.

Tehnologija kontrole procesa toplane na biomasu mora ispunjavati sljedeće osnovne zadaće:

- Potpuno automatska kontrola i regulacija cijelog sustava bez potrebe za redovitom ručnom intervencijom i, ako je moguće, bez stalne prisutnosti operativnog osoblja
- Osiguravanje sigurnog rada postrojenja u svakom operativnom stanju (osobna zaštita i zaštita bilja)
- Jamčenje opskrbe toplinskom energijom za kupce
- Omogućavanje optimalnog rada sustava u bilo kojem radnom stanju.
- Rad i nadzor sustava (vizualizacija sustava/prikaz trenutnog radnog stanja, postavljanje postavljenih točaka i kontrolnih parametara, uključivanje/isključivanje komponenti sustava itd.).
- Udaljeni pristup i poruke o pogreškama
- Prikupljanje, obrada i trajna pohrana svih relevantnih operativnih podataka (mjernih podataka), priprema i vizualizacija (povijesnih) trendova mjernih podataka.
- Bilježenje i trajna pohrana svih podataka relevantnih za naplatu (potrošnja korisnika!)
- Omogućavanje ručnog rada i hitnog rada sustava ako je potrebno.

Rad postrojenja tijekom procesa pokretanja i isključivanja, kao i posebni ili nepredviđeni radni uvjeti (održavanje, čišćenje i manji popravci tijekom rada, kvar pojedinih komponenti, hitni rad, ekstremni uvjeti

opterećenja) obično provodi ručno operativno osoblje (ručni rad) ili u poluautomatskom radu.

Za sustave za proizvodnju topline s umjerenim tlakom i temperaturama (npr. sustavi tople vode < 110 °C) obično nije potrebna stalna prisutnost operativnog osoblja. Za sustave tople vode i pare može biti potrebna stalna prisutnost ili dodatna oprema povezana sa sigurnošću za rad bez ljudske intervencije ([66]) ili za rad bez stalnog nadzora ("Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung" BOSB). Za rad bez stalnog nadzora, odgovarajući nacionalni propisi i direktive moraju se provjeriti i poštovati u svakom slučaju (vidi poglavlje 19.).

Sustav kontrole procesa sastoji se od nekoliko razina koje ispunjavaju različite zadaće (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..34**).

Funkcionalna podjela i tehnički dizajn

Sustav kontrole procesa može se podijeliti **na razinu korisnika, podređeni I&C sustav** (npr. za kontrolu pojedinih komponenti) i **master I&C sustav** (zadaci koji se odnose na cijelo postrojenje) prema zadacima koje treba ispuniti. Ova podjela povezana s funkcijom pomaže u definiranju koncepta kontrole i pojedinačnih kontrolnih zadataka, kao i u razvoju funkcionalnog opisa.

Međutim, te tri razine ne predstavljaju automatski fizičke granice pojedinih tehničkih komponenti (upravljačkih jedinica) ili ograničenja isporuke. **Tehnički dizajn sustava kontrole procesa** ovisi o različitim čimbenicima i ne mora biti strukturiran analogno trima funkcionalnim razinama. Na primjer, operativna razina, kao i podređeni i glavni I&C sustav mogu se realizirati jednim PLC-om od slučaja do slučaja ili se mogu sastojati i od tri zasebne jedinice različitih proizvođača (koje su međusobno povezane putem sučelja).

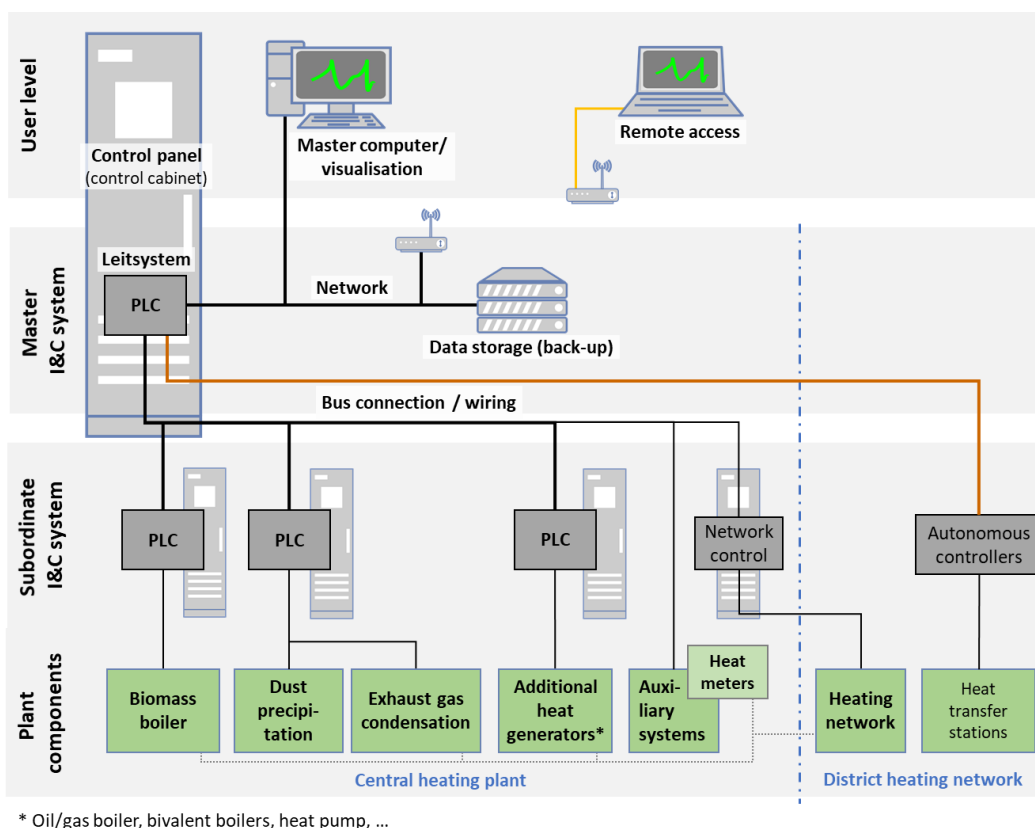
Oznaka povezana s funkcijom kao glavnog i podređenog I&C sustava nije uvijek uobičajena među I&C tehničarima, više je usmjereno na fizičke komponente ili ograničenja isporuke, pa se eventualno koriste i druge oznake (npr. glavni sustav).

Razina korisnika ostvaruje se putem glavnog računala (računalo toplane) ili upravljačke ploče (zaslona) na upravljačkom ormariću. Operativna razina ima sučelja za glavne i niže razine I&C sustava i omogućuje potpuni rad sustava. Ovdje se može pratiti trenutni rad sustava i aktualni operativni podaci te se mogu prilagoditi postavljene točke, vremenski programi i slično, uglavnom uz pomoć vizualizacije sustava. S višim razinama autorizacije (npr. servisni tehničari, proizvođači), mogu se napraviti i detaljne postavke kontrole. Odabir rada sustava (npr. automatski, poluautomatski rad, ručni rad itd.) vrši se putem glavnog računala ili izravno u upravljačkom ormariću. Sve bitne komponente sustava također se mogu ručno kontrolirati putem operativne razine. Ručni hitni rad sustava također se može provesti neovisno o glavnom računalu putem operativnih elemenata na upravljačkom ormariću.

Master I&C sustav odgovoran je za sve funkcije kontrole i regulacije više razine, kao što su koordinacija i upravljanje opterećenjem pojedinih generatora topline (energetski signal za kotlove) i upravljanje skladištenjem, a često i za upravljanje hidrauličkom grijanje kuće (pumpe, priključci u grijanje kući) i mrežne crpke distribucijske toplinske mreže (vidi i poglavlje **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.**). Master I&C sustav ima sučelja s podređenim I&C sustavima pojedinih komponenti sustava i povezuje ih jedni s drugima. Često se bilježenje podataka ostvaruje i putem glavnog I&C sustava (vidi poglavlje **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.**).

Podređeni I&C sustavi koriste se za specifičnu kontrolu i regulaciju pojedinih funkcionalnih skupina postrojenja. Funkcionalna skupina je, na primjer, kotao na biomasu sa svim povezanim pogonima, agregatima, armaturama ili, analogno, funkcionalnim kotlom za ulje/plin, separatorom čestica, sustavima kondenzacije dimnih plinova, obradom vode i drugima. Te podređene I&C sustave obično isporučuju proizvođači odgovarajućih komponenti i, ovisno o komponenti, razlikuju se od jednostavnih autonomnih regulatora (npr. za postrojenje za pročišćavanje vode) do složenog PLC-a za kotao na biomasu. Ti I&C sustavi preuzimaju siguran rad i detaljne

zadatke kontrole i regulacije pojedinih komponenti. Za kotao na biomasu to su, na primjer, dovod goriva u peč i visina spremnika za goriva, brzina rešetke, brzine zraka za izgaranje i ventilatori dimnih plinova (negativna kontrola tlaka), recirkulacija dimnih plinova i temperatura komore za izgaranje, kontrola uklanjanja pepela, izlaz peći, temperature protoka kotla, sigurnosno relevantnih zadataka kontrole i regulacije i još mnogo toga. I&C sustavi glavnih komponenti moraju imati sučelje i komunikacijsku opciju s glavnim I&C sustavom i operativnom razinom (glavno računalo) kako bi mogli obraditi, na primjer, izlazne i druge specifikacije setpointa više razine te osigurati besprijekornu vizualizaciju sustava i bilježenje podataka. Preporučuje se da se, ako je moguće, svi pomoćni sustavi integriraju i u master I&C sustav s barem radnim i neispravnim signalom te, ako je primjenjivo, najvažnijim radnim parametrima. Voditelji obrade pojedinačnih stanica za prijenos kuća u mreži grijanja također se smatraju podređenim C&I sustavima koji u osnovi funkcioniraju autonomno, ali imaju i najsuvremeniju vezu sa središnjim master C&I sustavom, opcijom daljinskog pristupa i središnjim bilježenjem podataka (vidi poglavlje 8.5).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**34 Funkcionalna podjela sustava upravljanja procesom na radnoj razini, glavni C&I sustav i podređeni C&I sustavi (primjer toplane na biomasu s toplinskom mrežom)

Tehničko izvršenje

Sustav kontrole procesa i gore navedene razine mogu se implementirati na različite načine (vidi i tablicu 6. u standardnim hidrauličkim shemama QM Holzheizerwerke - dio 1[62]). U malim sustavima sve tri razine često može preuzeti C&I sustav kotla na biomasu, jer obično nema daljnjih podređenih C&I sustava. Moderni kotlovi na biomasu, čak i kao standardna oprema, već imaju mogućnost upravljanja krugovima grijanja, krugovima punjenja za pohranu ili, na primjer, solarnim toplinskim sustavom. U tom slučaju rad se odvija izravno putem upravljačke ploče kotla na biomasu i bez glavnog računala. Za bilježenje podataka može biti potrebna dodatna oprema.

U većim objektima sa sustavom upravljanja zgradom, kotlovi na biomasu su integrirani kao podređeni I&C sustavi u sustav upravljanja zgradom (glavni I&C sustav) i tamo integrirana operativna razina, koja je također odgovorna za prikupljanje podataka. U većim toplinskim postrojenjima na biomasu, ovisno o dizajnu, ili PLC kotlova na biomasu može preuzeti zadatak glavnog upravljačkog sustava (npr. s proširenim programiranjem i integracijom ostalih komponenti postrojenja), ili postoji zaseban master koji se temelji na PLC-u. kontrolni sustav.

Alternativno, upravljački zadaci više razine mogu se podijeliti između različitih upravljačkih zadataka više razine mogu se podijeliti između različitih regulatora ili proizvođača (npr. upravljanje spremnikom i hidraulikom

grijanja putem PLC-a kotla na biomasu i upravljanje mrežom s vlastitom jedinicom iz proizvođačeve stanice za prijenos topline).

Struktura sustava kontrole procesa te raspodjela kontrolnih funkcija različitim kontrolorima/PLC-ovima mora biti detaljno definirana tijekom planiranja i u skladu s time more se uzeti u obzir tokom javnog nadmetanja i kod izgradnje postrojenja.

Struktura I&C sustava i koncept kontrole važne su sastavne komponente QM-a za centralizirane toplinske sustave na biomasu koji su detaljno objašnjeni u standardnim hidrauličkim shemama QM Holzheizerwerke[62] i u poglavlju 7 "Hidraulika za proizvodnju topline".

5.10.2 Zahtjevi za mjerenje opreme i prikupljanje podataka

Sveobuhvatna mjerna oprema toplane i mreže grijanja te odgovarajuća tehnologija upravljanja za prijenos, pohranu i vizualizaciju izmjerenih radnih podataka najsuvremeniji su u suvremenim postrojenjima na biomasu. To je važna osnova za savjesno operativno upravljanje i provedbu sveobuhvatne operativne optimizacije (vidi poglavlje 16). Sveobuhvatno i dugoročno prikupljanje podataka važna je prednost koja je, osim tekućeg operativnog upravljanja i optimizacije, od velike vrijednosti i za planiranje budućih proširenja postrojenja te modernizaciju i obnovu postrojenja (vidi

poglavlje 18). Kako bi se pomoglo u planiranju i provedbi prikupljanja podataka, QM za centralizirane toplinske sustave na biomasu pruža sveobuhvatan popis mjernih točaka u kombinaciji sa standardnim hidrauličkim shemama (vidi [62]) kao i preporuke za prikaz i procjenu operativnih podataka (vidjeti često postavljana pitanja 8.).

Sustav prikupljanja podataka i vizualizacija (na računalu u kontrolnoj sobi – vidi sliku 5.24.) moraju, među ostalim, ispunjavati sljedeće minimalne zahtjeve:

- Automatsko bilježenje i pohranjivanje svih izmjerenih vrijednosti u visokoj vremenskoj razlučivosti (preporuka QM za toplane na biomasu [62]: mjerni interval od 10 s i preporučeni interval snimanja od 5 minuta srednjih vrijednosti)
- Vizualizacija sustava grafičkim dijagramima sustava koji sadrže najvažnije radne parametre i radna stanja pojedinih komponenti (trenutne vrijednosti)
- Grafički prikaz vremenskih progresija (trendova) u obliku podesivih dijagrama i parametara
- Korisnička mogućnost izvoza za sve izmjerene, izračunate i spremljene operativne podatke u opće čitljivom formatu podataka (npr. tekstualne datoteke u .csv formatu)
- Redovita sigurnosna obrada svih operativnih podataka o neovisnom sustavu

Putem podatkovne komunikacije u mreži centraliziranog grijanja, operativne podatke stanica za prijenos topline u okruhu trebalo bi integrirati u tehnologiju kontrole i bilježenje podataka (vidi poglavlje 8.5.). Kad je riječ o daljinskom čitanju podataka o klijentima, moraju se poštovati primjenjive smjernice za zaštitu podataka.

Preporučuje se da se tema daljinskog pristupa i daljinskog čitanja podataka uključi u ugovor o opskrbi toplinskom energijom ili da se postigne naknadni dogovor s postojećim kupcima.

Kako bi se olakšalo operativno upravljanje i nadzor sustava, moderna postrojenja za upravljanje biomasom također imaju mogućnost daljinskog pristupa sustavu vizualizacije i kontrole za operativno osoblje. Tu bi mogućnost trebalo predvidjeti za projektante i odabrane proizvođače kako bi se, ako je potrebno, omogućio brz pristup trenutnim podacima o postrojenjima. Ako nekoliko osoba/poduzeća ima odgovarajući daljinski pristup, odgovornosti i nadležnosti moraju biti precizno definirane (ako je potrebno s ograničenim ovlaštenjem) i svaka promjena (npr. prilagodba skupnih točaka ili kontrolnih parametara) mora se dokumentirati i priopćiti.

5.10.3 Planiranje i izvođenje

Planiranje sustava I&C mora se uzeti u obzir u općem procesu planiranja. Glavni projektant posebno mora definirati strukturu sustava I&C (vidi poglavlje 5.10.1) i odgovornosti koje iz njega proizlaze u ranoj fazi te ih potom uzeti u obzir u specifikacijama koje se navode u ponudama i ugovorima.

Tijekom planiranja mora se stvoriti sveobuhvatan funkcionalni opis. To je, između ostalog, osnova za detaljno planiranje i izvođenje (posebno hidrauličko ožičenje i kontrola), ali i temeljno nužan preduvjet za uspješnu operativnu optimizaciju.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..3524** Kontrola prostorija za kogeneracijsko postrojenje na biomasu (izvor: AEE INTEC).

Funkcionalni opisi definiraju osnovna načela odgovarajućeg koncepta upravljanja s naglaskom na glavnu kontrolu (upravljanje opterećenjem, upravljanje skladištenjem, hidraulički sustav grijanja, mreža grijanja). Detaljno programiranje i implementacija koncepta kontrole zadaća je C&I tehničara proizvođača

ili dobavljača. Na primjer, dizajn podređenog C&I sustava za kotlove na biomasu obično je uključen u opseg isporuke kotla. Glavni projektant odgovoran je za provjeru usklađenosti s osnovnim zahtjevima za I&C sustave i prikupljanje podataka prema funkcionalnom opisu i specifikacijama.

Funkcionalni opis uključuje sljedeće bitne komponente:

- Detaljan opis funkcionalnosti sustava za sva relevantna operativna stanja (uključujući opis kontrole).
- Pregled najvažnijih kontrolnih parametara koji se mogu prilagoditi tijekom rada
- Kompletan popis mjernih točaka u skladu s hidrauličkim dijagramom. Za svaku mjernu točku potrebno je odrediti položaj mjerenja, mjerni raspon, vremensku razlučivost i točnost mjerenja (vidjeti poglavlje 16).
- Opis automatskog bilježenja podataka (osnovno načelo i struktura podataka ili datoteka, mjesto i trajanje pohrane podataka itd.).

- Upute i opisi za operativno osoblje prilagođeni korisnicima.

Pri projektiranju tehnologije upravljanja posebna se pozornost mora posvetiti sljedećim točkama (vidjeti i "Muster-Ausschreibung Holzkessel" –primjerak natječaja za kotlove na biomasu prema sustavu QM Holzheizwerke):

- Mjesto ugradnje mora biti zaštićeno od prašine i osiguravati da se ne prekorači maksimalna radna temperatura elektroničkih komponenti. U slučaju velikih unutarnjih toplinskih opterećenja (npr. zbog pretvarača frekvencije), potrebno je osigurati ventilaciju/klimatizaciju.
- Osiguravanje prostorne rezerve od oko 20 % u upravljačkim ormarima ili za dodatne upravljačke ormare (proširenje sustava).
- Najbolja moguća standardizacija korištenih komponenti (npr. standardni upravljački ormari, ujednačeni senzori itd.).
- Osiguravanje kompatibilnosti korištenih komponenti i sustava te komunikacije između svih razina i dijelova sustava.
- Osiguravanje dugoročne dostupnosti rezervnih dijelova.
- Definiranje odgovornosti i nedvosmislenih granica isporuke i sučelja.
- Usklađenost sa svim relevantnim propisima, standardima i smjericama.
- Sveobuhvatna tehnička dokumentacija, uključujući dijagrame krugova, listove podataka i popise točaka podataka (integrirati u specifikacije natječaja).
- Jasno i profesionalno označavanje terenskih uređaja i ožičenja.
- Proslijeđivanje svih poruka o kvaru pojedinih komponenti glavnom PLC-u putem kontakata bez potencijala.
- Razina ručnog prebacivanja označena običnim tekstom za ručnu kontrolu najvažnijih (sigurnosno relevantnih) komponenti sustava. Ručna razina prebacivanja mora biti opremljena blokadom.
- Mogućnost daljinskog pristupa i proslijeđivanje poruka o kvaru.
- Mogućnost dodjeljivanja određenih pristupnih i korisničkih dozvola.

6 Komponente postrojenja za skladištenje goriva, transport goriva i uklanjanje pepela

6.1 Preliminarna napomena

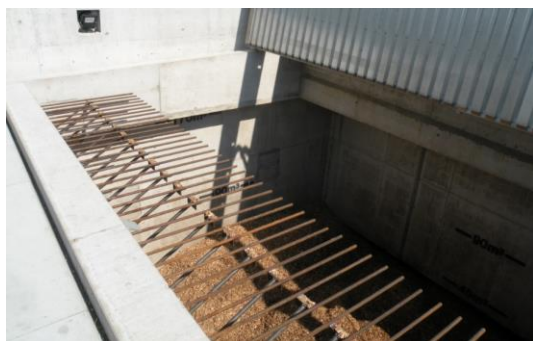
Ovo poglavlje opisuje komponente skladištenja goriva, transporta i uklanjanja pepela. Odgovarajući odabir i dimenzioniranje tih komponenti opisani su u poglavlju 14

U poglavlju 19. navedeni su zahtjevi za sigurnosnu opremu odgovarajućih komponenti u pogledu sprečavanja požara i nesreća, sprečavanja eksplozije (ATEX, BGI Informationen 739-2) (svjetlosne barijere, zaključavanje isključivanja, zaštita pristupa, zaštitne ograde, vađenje plina za fermentaciju itd.).

6.2 Skladištenje goriva

Silos za gorivo sa sustavom pražnjenja goriva

Silos za gorivo pogodni su za suhu do vrlo vlažnu drvenu sječku i brikete s ograničenim dodatkom strugotine prašine. Lako ih je napuniti prevrtanjem goriva iz kamiona. Budući da su obično dizajnirani kao podni silosi (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..36**), volumen skladištenja je skup (zemljani radovi i armirani beton). Silosi za gorivo imaju sustav automatskog pražnjenja (vidjeti poglavlje 14.3.), koji prenosi pohranjeno gorivo iz silosa.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..36** Podni silos (izvor: Andres Jenni).

Mobilni kontejnerski sustav s pražnjenjem

Sustav mobilnih kontejnera (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..37**) puni se sječkom u šumi ili od strane dobavljača goriva u objektu.

Napunjeni spremnik (volumen punjenja oko 30 m³) isporučuje se kamionom. Sustav pražnjenja instaliran u spremniku povezan je s stacionarnim uređajem za punjenje kotla. Sustav za loženje kontrolira ispuštanje goriva u spremnik. Drugi puni spremnik stoji spreman kao rezerva tako da se može odmah prebaciti ako je potrebno i kontinuirana opskrba gorivom nije prekinuta. Ovisno o nominalnoj izlaznosti toplane, potrebno je

nekoliko spremnika. Zahtjev je kontinuirana isporuka drvene sječke u spremnicima. Kontejneri se također mogu unajmiti.

Pokretni spremnici od drvene sječke s pražnjenjem pogodni su za drvenu sječku, isjeckanu koru i piljevinu. Na tehnologiju pražnjenja općenito ne utječu prevelike čestice goriva i kamenje. Može poslužiti kao zamjena ili alternativa za stacionarne (nepokretne) silose goriva.

Prednosti su u tome što nema troškova ulaganja za stacionarni silos i što su vremena istovara za isporuku drvene sječke kratka.

Nedostatak je ovisnost o opskrbljivaču gorivom. Osim toga, potreban je prostor za pohranu izvan sustava grijanja. Osobito zimi, jednostavna vizualna zaštita spremnika pokazuje se povoljnom (vjetrom bran). Zbog troškova najma kontejnera, operativni troškovi su relativno visoki. Zimi ponekad postoji opasnost od smrzavanja.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..37** Mobilni spremnici od drvene sječke s pražnjenjem kao zamjena za silose (izvor: Holzenergie Schweiz).

Nadzemni okrugli silosi

Nadzemni okrugli silosi (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..38**.) prikladni su za goriva s kvrgavošću do P63, maksimalnom duljinom čestica od 200 mm i udjelom vode od suhog do > 55%. Područje primjene su velika postrojenja za daljinsko grijanje na biomasu s kratkim vremenom obrtaja goriva u silosu. To sprječava premošćivanje.

Punjenje se obično vrši preko strugačkih lančanih transportera i distribucijskog sustava iznad okruglog silosa.

Pražnjenje se odvija pomoću glodalice (vidjeti poglavlje 6.4.1.).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..383** Nadzemni okrugli silosi (izvor: Gottwald GmbH).

Silos za drvenu sječku

Silos za drvenu sječku (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..39.**) pogodni su za sječku, piljevinu i prašinu za brušenje iz pogona za preradu drva, ali i za suhu drvenu sječku i brikete. Punjenje je obično pneumatsko. Zahtjevi za sigurnosnu opremu u pogledu sprečavanja eksplozije (ATEX) moraju se posebno poštovati (vidi poglavlje 19, Propisi za silose strugotina).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..394** Silos za drvenu sječku (Izvor: Drvena energija Švicarska).

Skladištenje peleta

Drveni peleti čuvaju se u zatvorenim i suhim spremištima ili spremnicima. Spremnici od čelika, plastike ili tkanine dostupni su za ugradnju. Punjenje se obično vrši pneumatski, u slučaju većih podnih silosa ponekad i prevrtanjem. Pražnjenje iz malih spremnika odvija se pomoću pužnih transportera ili pneumatski; u slučaju većih skladišnih spremnika često se ugrađuje sustav pražnjenja s zglobnom rukom. Kako bi se količina sitnih čestica svela na najmanju moguću mjeru, pelet se mora unositi u skladište i ispuštati pažljivo i najkraćim mogućim putem. Dodatni uređaji za punjenje koji se koriste za skladištenje drvene sječke (npr. razdjelnici silosa) ne bi trebali biti predviđeni. Pod svaku cijenu

mora se izbjegavati prodiranje vode u skladište (npr. kroz zidove ili uređaje za punjenje) i stvaranje kondenzacije u skladištu (npr. na cijevima za hladnu vodu, na hladnim, ne-toplinski izoliranim zidovima/stropovima skladišnih prostora ili vlažnim transportnim zrakom u hladnjaču za pelete). Više informacija možete pronaći u brošuri **skladišta Lagerung von Holzpellets** iz njemačke udruge *Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband (DEPV)*[67] (vidi i poglavlje 14.2.9).

Skladište

Za veća postrojenja za biomasu s kapacitetom kotla na biomasu većim od 1 MW treba razmotriti skladišta za skladištenje (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..40.**) s dnevnim silosom umjesto skupih podnih silosa. Skladišta su pogodna za sva goriva. Punjenje je skupo, jer se goriva obično moraju transportnim sustavom dovoziti iz odlagališta do visine ispod grebena, a zatim distribuirati u skladištu ili upravljati utovarivačem na kotačima.

S druge strane, samo skladište je jeftino. Skladišta se također koriste kao privremena skladišta.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..40** Skladište (izvor: Franz Promitzer).

Vanjsko skladište

Drvena sječka ili kora mogu se privremeno pohraniti na otvorenom na zaliham (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..41.**) ili trupcima (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 42.**). Vanjsko spremište može se nalaziti izravno u toplani, na središnjoj lokaciji koja je dostupna kamionima tijekom cijele godine ili u šumi.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..416** Vanjsko skladištenje drvene sječke (Izvor: AEE INTEC).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 42** Hrpa trupaca u toplani (izvor: AEE INTEC).

6.3 Punjenje silosa i skladišta

6.3.1 Punjenje silosa drvnom sječkom

Punjenje podnih silosa uglavnom se vrši prevrtanjem goriva iz kamiona kroz otvor za punjenje. Visok stupanj punjenja postiže se optimalnim uređenjem otvora za punjenje ili korištenjem silosnih razdjelnika.

Poklopac silosa

Izgradnja poklopca silosa vrlo je važna za silose u prizemlju koji se pune izravno kamionima. Ako poklopac silosa nije konstruiran za vožnju, treba ga postaviti na betonsku granicu visine najmanje 20 cm (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..43** . i Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..45**). To sprječava ulazak kišnice u silos. Ako je potreban poklopac koji se može prijeći (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..44**), potrebno je paziti da se može zatvoriti nakon punjenja bez čišćenja kanala otpadnih voda. Zbog visokih troškova i mogućeg prodora poklopca silosa s pogonom na vodu treba izbjegavati.

Poklopci silosa također se mogu izraditi u podijeljenom dizajnu. To poboljšava čvrstoću i smanjuje težinu

pojedinih dijelova poklopca što olakšava korištenje. Osim toga, ovim rasporedom uz otvor za punjenje pada manje drvene sječke, a nema opasnosti od oštećenja poklopca silosa ako iz kamiona isklizne zbijeni blok drvene sječke.

Otvor za punjenje mora biti prekriven zaštitnom rešetkom ili rešetkom u skladu s lokalnim propisima o sprečavanju nesreća (vidjeti i poglavlje 19). Kako drvena sječka ima tendenciju premošćivanja, mogu se zaglaviti na zaštitnoj rešetki tijekom punjenja, što usporava protok materijala i povećava vrijeme iskrcaja.

Za rasterećenje bez problema mora biti moguće otvoriti poklopac silosa za više od 90 °, odnosno izvan mrtvog središta. To osigurava dovoljno prostora za vozilo s prevrtanjem i istovremeno sprječava zatvaranje poklopca silosa.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..438** Silo poklopac nije dostupan kada je otvoren (izvor: Schmid energetska rješenja).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..449** Silo poklopac nije dostupan u pozadini u prvom planu. Oboje su u zatvorenom stanju. (Izvor: Schmid energetska rješenja).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..45** Ne pristupačni sklopivi poklopac (lijevo zatvoren, sredinom otvoren, desno punjenje. Izvor: Patrik Küttel).

Vijci za punjenje

U slučaju silosa u podrumima zgrada, vijci za punjenje (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..46.**) obavljaju transport goriva iz osovine za punjenje (korito za pražnjenje) u silos i dodatno povećavaju njegovu razinu punjenja. Horizontalni vijci za punjenje prenose gorivo ispod stropa silosa po cijeloj dužini silosa do pregrade. Zbog velikog transportnog kapaciteta vijaka za punjenje (> 200 LCM /h), vrijeme istovara od < 10 minuta moguće je čak i tijekom posljednjeg postupka istovara. Vijci za punjenje prikladni su za sve vrste drvene sječke, isjeckane kore i piljevine. Na njih ne utječu prevelike čestice goriva i kamenje.

Prednosti:

- Visoka razina punjenja silosa, od kojih se većina nalazi ispod zgrade.
- Bolje korištenje prostora za sustav grijanja.

Nedostaci:

- Dodatni troškovi ulaganja
- Nešto dulje vrijeme iskrcaja za opskrbljivača gorivom



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..46** Vijci za punjenje (izvor: Holzenergie Schweiz).

Distributer silosa

Distributer silosa (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..47.**) prenosi drvenu sječku vodoravno tako da je silos ravnomjerno ispunjen bez obzira na njegov oblik. Razdjelnik silosa funkcionira

poput vijka za punjenje, ali radi u dva suprotna smjera od otvora za punjenje. Vodoravno raspoređeni vijčani transporteri prenose gorivo ispod stropa silosa po cijeloj dužini silosa. Zbog velikog transportnog kapaciteta vijaka za punjenje (> 250 LCM /h), vrijeme istovara od < 10 minuta moguće je čak i za posljednji postupak istovara. Ako strukturni uvjeti dopuštaju, poželjna je ugradnja tri poklopca silosa umjesto jednog poklopca silosa s distributerom silosa. Distributeri silosa pogodni su za sve vrste drvene sječke, isjeckane kore i piljevine. Na njih također ne utječu preveliki dijelovi goriva i kamenje.

Prednosti distributera silosa su:

- Niska potrošnja energije
- Neovisno o obliku goriva i udjelu vode
- Na njega ne utječu veće nečistoće
- Mogući dugi silosi
- Dodatni poklopci silosa nepotrebni

Glavni nedostaci su:

- Dodatni troškovi ulaganja



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..47** Silo distributer (izvor: Schmid energetska rješenja).

Vertikalni vijčani transportni sustav za nadzemne silose i skladišta

U slučaju nadzemnih silosa i skladišta za skladištenje, vertikalni sustav vijčanih transporterata (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..48**) obavlja transport goriva iz korita za pražnjenje u silos ili u skladište. Vodoravno raspoređen transportni vijak prenosi gorivo iz korita za pražnjenje u vertikalni sustav vijčanih transporterata. To ga prenosi okomito prema gore (maksimalna visina prijenosa oko 18 m), a zatim ga prenosi na vodoravno raspoređene distribucijske vijke.

Kapacitet transporta doseže oko 60 LCM/h, odnosno 120 LCM/h s dvostrukim vijčanim sustavom, pod uvjetom da je volumen ispusnog žlijeba veći od transportnog volumena isporuke. Vertikalni vijčani transportni sustav pogodan je za sve vrste drvene sječke, za koru i piljevinu. Maksimalna veličina drvnog energenta je P100. Prednosti sustava su:

- Visoka razina ispuhe
- Niski troškovi izgradnje silosa

Glavni nedostaci uključuju:

- Dodatni troškovi ulaganja
- Do jednog sata između pojedinačnih isporuka



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..4813** Vertikalni vijčani transportni sustav (izvor: Schmid energetska rješenja).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..4914** Pumpni spremnik (izvor: Amstutz Holzenergie AG).

Kontejner s pumpom/kamion s pumpom

Spremnik pumpe/pumpni kamion (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..49**) omogućuje punjenje silosa kada nije moguć izravan pristup dostavnim vozilima za prevrtanje. Drvena sječka

se pumpa izravno iz kontejnera/dostavnog kamiona (volumen punjenja oko 30 m³) unutarnjim sustavom pražnjenja fleksibilnim cijevima u podzemni ili nadzemni silos. Za potpuno pražnjenje spremnik je prevrnut. Kontejneri za pumpe/pumpe su pokretni i svestrani, a posebno su pogodni za drvenu sječku suhe kvalitete iz šumskog i industrijskog otpadnog drva s niskim udjelom čestica. Sustav je osjetljiv na prevelike čestice goriva i kamenje.

Njegove glavne prednosti su:

- Nema zaprljanja mjesta iskrcaja padom drvene sječke
- Niži troškovi ulaganja za uobičajene sustave hranjenja i distribucije
- Najviša razina punjenja silosa (do 90 %)

Nedostaci su:

- Ovisnost o opskrbljivaču gorivom
- Dulje vrijeme iskrcaja (cca. 30 min. u usporedbi s prevrtanjem vozila s cca 5 min.)
- Stvaranje prašine suhom drvnom sječkom
- Veći troškovi isporuke
- Buka zbog crpnog sustava

6.3.2 Punjenje i upravljanje skladišnim prostorom

Potpuno automatski sustav dizalica e

Potpuno automatski sustav dizalica koristi se za utovar i istovar skladišta (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..50**). Automatska ili ručno upravljana dizalica za hvatanje preuzima gorivo iz zaliha ili istovarnog bunkera, distribuira ga u skladištu i puni dnevni silos ili zonu potisnog poda. Ako je potrebno, mogu se miješati različite kvalitete goriva. Sustav je neovisan o visini i području unutar kranskih pista. Ako je volumen rasterećenja veći od obujma prijevoza dostavnog vozila, mogu se postići kapaciteti do 150 m³/h. Potpuno automatski sustav dizalica pogodan je za sva drvena goriva osim drvenih strugotina i prašine te na njega ne utječu prevelike čestice goriva i kamenje.

Glavne prednosti su:

- Prilagodljivo tipu goriva
- Moguće automatsko upravljanje
- Moguće miješanje različitih kvaliteta goriva
- Optimalno korištenje prostora za pohranu

Nedostaci uključuju:

- Ograničeno na veća skladišta
- Skup rad (trošenje i habanje čeličnih užadi i dizalica, potrebno zakonsko održavanje). Sustav dizalica zahtijeva standard industrijske gradnje.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..5015** Potpuni automatski sustav dizalica s koritom za istovar i dnevnim silosom (izvor: Schmid energetska rješenja).

Sustav za utovar i istovar s vodoravno i okomito pomičnim strugajućim lančanim transporterom

Lančani transporteri s poprečnim nosačima montirani su u okvir koji se može pomicati i okomito i vodoravno (Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..51). Na taj se način sustav utovara i istovara automatski prilagođava odgovarajućoj razini punjenja skladišta. Prilikom učitavanja sustav djeluje kao distributer; prilikom istovara prenosi drvenu sječku u sustav transportnih traka za gorivo peći. Duljina umetka je do 28 m. Osim prašine, sustav je pogodan za sva drvena goriva, a na njega ne utječu prevelike čestice goriva i kamenje.

Glavne prednosti su:

- Optimalno korištenje skladišnog volumena
- Prilagodljivo tipu goriva
- Kontrolirano skladištenje različitih asortimana goriva u različitim trakama
- Ciljano istovarivanje

Glavni nedostaci su:

- Ograničeno na velika skladišta
- Razrađena konstrukcija



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..51** Sustav za utovar i istovar s vodoravno i okomito pomičnim strugajućim lančanim transporterom [68].

Utovarivač

Utovarivač - stroj (ili teleskopski utovarivač) prevozi isporučeno gorivo ili svježe sjeckano drvo na licu mjesta u skladište ili ga iskrcava na zalihe (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..52.**). Odatle se po potrebi puni pred-silos. Sustav je radno intenzivan i dugotrajan. Utovarivač ne može se automatizirati, ali je vrlo fleksibilan i može se koristiti za širok raspon zadataka. Pogodan je za sve asortimane goriva osim za strugotine i prašinu.

Glavne prednosti utovarivača su:

- Fleksibilnost lokacije, moguća višestruka upotreba
- Optimalna prilagodba gorivu
- Moguće odvajanje različitih vrsta goriva

Nedostaci su:

- Kadrovski intenzivno
- Visoka potrošnja energije
- Buka



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..5217** Utovarivač (Izvor: AEE INTEC).

Gornji utovarivač

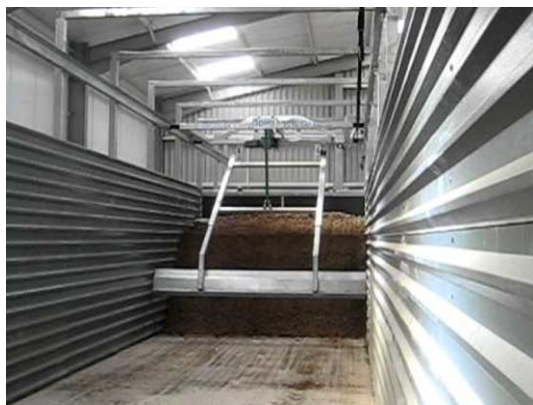
Gornji utovarivač (Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..53.) je sustav za utovar i istovar koji ne zahtijeva ladicu za ispuštanje, već u skladištu pohranjuje gorivo koje je istovarilo dostavno vozilo. Po potrebi, gornji utovarivač prenosi gorivo iz složenog skladišta u kanal popečnog pražnjenja, koji se nalazi iza stražnjeg zida skladišta. Sustav je prikladan za sva goriva osim drvene strugotine i prašine, a na njega utječu velike čestice goriva i kamenje.

Gornji utovarivač ima nekoliko prednosti:

- Moguće je višestruko korištenje spremišta
- Jednostavno rasterećenje u prizemlju
- Niski troškovi izgradnje skladišnog prostora od podne ploče, niski statički zahtjevi
- Pogodno za održavanje zbog jednostavnog pristupa
- Niska potrošnja energije
- Automatsko upravljanje, uključujući mjerenje razine

Nedostaci uključuju:

- Nema srednjeg skladištenja goriva, gorivo pohranjeno posljednje se prvo uklanja (posljednje unutra, prvo van)
- Relativno veliki prostorni zahtjev (parkiralište za utovarivača)



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..53** Stropni utovarivač (izvor: Vecoplan AG).

6.3.3 Punjenje silosa za strugotine

Prašina, strugotine i suha drvena sječka sa udjelom vode < 20 % čuvaju se u silosima za strugotine (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..54.**) Punjenje silosa za strugotine uvijek se kombinira sa sustavom za ekstrakciju strugotine koji se koristi u toplani. Čiper se također može spojiti na sustav ekstrakcije. Silos za strugotine napunjen je suhim i finim gorivom pomoću protoka zraka koji stvara tlačni ventilator. Zbog povećanog poprečnog presjeka u silosu, brzina protoka se smanjuje i gorivo pada u silos. Sustav filtra za automatsko čišćenje odvaja fine čestice od ispušnog zraka. U središnjim sustavima ekstrakcije, ciklonski filter odvaja transportni zrak od goriva. Ovisno o finoj frakciji, potreban je dodatni sustav filtra za ispušni zrak. U pojedinačnim sustavima ekstrakcije transportni zrak se recirkulira i ponovno koristi.

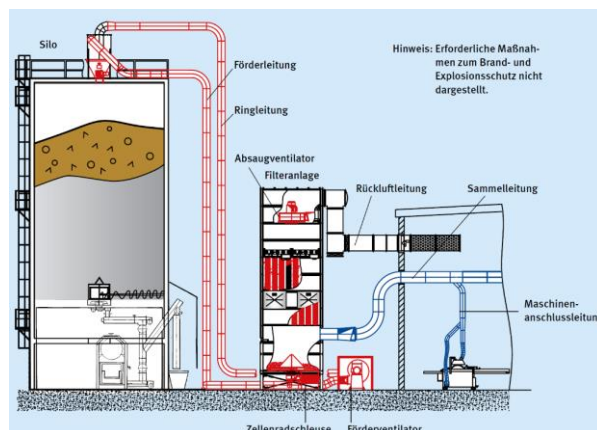
Na sustav punjenja silosa za strugotine ne utječe razlika u visini i veličina silosa. Mora biti dizajniran točno za odgovarajući asortiman drva i osjetljiv je na predimenzionirano kamenje i dijelove goriva. Ovisno o zvučnoj izolaciji i kvrgavosti goriva, može biti bučno.

Prednosti ovog sustava su:

- Optimalno korištenje građevinske konstrukcije
- Bez prašine
- Velike horizontalne i vertikalne udaljenosti prevladavaju bez problema

Nedostaci su:

- Ograničeno na suho gorivo s malom kvrgavošću
- Bučan
- Potrebni su dodatni silosi
- Opasnost od eksplozije zbog sadržaja prašine
- Velika potrošnja energije



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..54** Punjenje silosa s vlastitim sustavom za ekstrakciju strugotine (izvor: BGI 739-2) [68].

6.3.4 Punjenje skladišta peleta

Drveni peleti obično se isporučuju kupcu putem tankera za pelete. Spremište za pelete zatim se puni kroz cijev crijeva koju vozač spaja s mlaznicom za punjenje kroz koju se peleti iz vozila otpušu u spremište. Kada se peleti upušu, tlak se mora izjednačiti. U tu svrhu, hermetičke prostorije imaju drugi priključak na koji se pri punjenju povezuje usisni puhač s vrećicom za prašinu (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..55.**). Samo u slučaju silosa za tkanine, takav usisni priključak se može izostaviti, jer u ovom sustavu zrak koji se upuhuje s peletima može izaći iz prostorije kroz tkaninu silosa. Komprimirani zrak se koristi za stvaranje tlaka za punjenje prostorije.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..5520** Isporuka peleta s usisnom cijevi i spremnikom za prašinu (izvor: Holzenergie Schweiz)

Ako se skladištenje peleta stavlja u podni silos, punjenje se također može obaviti prevrtanjem. Velike količine peleta može isporučiti i vozilo opremljeno potisnim podom koji gura pelete u skladišni prostor. Velike količine peleta mogu se dostaviti i vozilom opremljenim potiskom podom koja gura pelet u prostor za skladištenje. Na primjer, dodatna podzemna konstrukcija, koja može biti dostupna vozilima, mora se predvidjeti kao silos izvan zgrade, a otvor za punjenje povezan je s rizikom od ulaska vlage u prostor za skladištenje.

6.4 Sustavi pražnjenja

6.4.1 Sustavi pražnjenja za sva goriva

Sustav pražnjenja s potisnim podom

Sustav pražnjenja s potisnim podom (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 56.)** omogućuje kontinuirano pražnjenje goriva u silosima velikih površina. Jedna ili više potisnih šipki pomiču se vodoravno naprijed-natrag hidrauličkim cilindrima. Gorivo u kanal za pražnjenje guraju klinasti upravljački programi. U modernim sustavima, kretanje naprijed pojedinih potisnih šipki odvija se zajedno, kretanje unatrag pojedinačno. To omogućuje smanjenje sila potiska pojedinih potisnih šipki. Sile hidrauličkih cilindara moraju se apsorbirati u zgradi. Težina iznad potisnog sustava određuje potrebne sile guranja, a cijela postava mora biti prilagođena silosu. Potiskivač je pogodan za sva goriva. Kada se koristi kora i grubo sjeckano krajobrazno drvo, preporučuje se ugradnja dodatnog mjernog valjka. Na potisni pod ne utječu preveliki dijelovi goriva i kamenje. Pogodan je za podne silose, spremišta, silose od čipsa, spremišta za pelete i pokretne spremnike za drvenu sječku.

Glavne prednosti sustava s potisnim podom su:

- Pouzdan rad i neovisno o udjelu vode u gorivu
- Nema dijelova pogonskog sustava u silosu
- Mogući oblik i veličina goriva

Nedostaci sustava s potisnim podom su:

- Visoke sile smicanja na zgradama
- Trošenje podne obloge s visokim godišnjim prometom goriva
- Ograničena duljina i količina prijenosa
- Moguće je samo linearno korištenje
- Moguće emisije buke



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 5621** Pražnjenje silosa pomoću potisnog poda (izvor: Schmid energetska rješenja).

Podni transporter za struganje

Podni transporter za struganje koristi se za silose malog prostora (pred-silos, dnevni silos) (Slika **Pogreška! U**

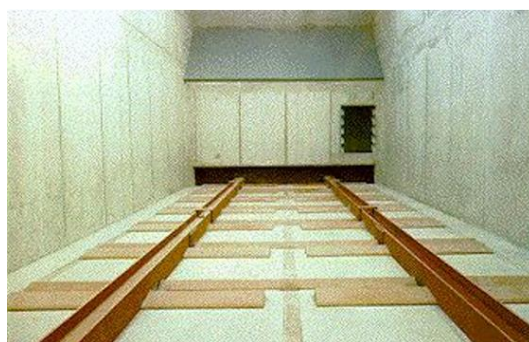
dokumentu nema teksta navedenog stila..57). Funkcionira slično transportnoj traci. Križni profili pričvršćeni na transportne lance prenose gorivo. Oprema je prilagođena odgovarajućoj situaciji silosa. Širina i visina silosa određuju broj transportnih lanaca. Podni transporter za struganje postavljen je na vrh goriva i time postiže visok transportni kapacitet. Sustav je pogodan za sva goriva osim prašine i na njega ne utječu preveliki dijelovi goriva i kamenje.

Glavne prednosti podnog transportera su:

- Prilagodljivo situaciji s gorivom i silosima

Nedostaci su:

- Dijelovi pogonskog sustava u sobi za silose
- Visoki troškovi ulaganja
- Visoki izdaci za održavanje i popravak
- Složena gradnja



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..57** Pražnjenje silosa transporterom [69].

Središnji vijak

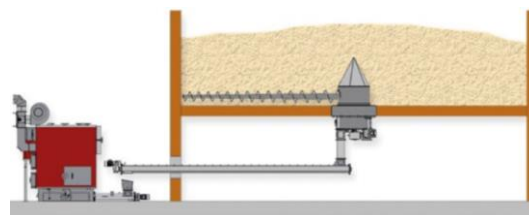
Središnji vijak može se koristiti za pražnjenje kvadratnih i okruglih silosa. Središnji vijak okreće se u krug oko središta na dnu silosa i prenosi gorivo vodoravno u središte silosa. Efektivni promjer je > 4 m. Sustav je pogodan za suhu drvenu sječku, kao i za strugotine, prašinu i pelete. Osjetljiv je na prevelike čestice goriva i kamenje.

Prednosti središnjeg vijka su:

- Jednostavna konstrukcija
- Niska tendencija mosta
- Moguće velike visine silosa (potrebni su prikladni otvori za održavanje)

Nedostaci su:

- Osjetljivo na prevelike čestice goriva i kamenje (potrebno sortiranje)
- Dijelovi pogonskog sustava u sobi za silose



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..5823** Središnji vijak sustava za pražnjenje (izvor: Binder Energietechnik GmbH).

Stožasti vijak

Stožasti vijak (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..59.**) koristi se za kontinuirano pražnjenje visokih silosa kružnom, osmerokutnom ili okruglom bazom. Stožasti vijak prenosi gorivo na uređaj za pražnjenje u sredini silosa. Njegov dizajn sličan je dizajnu središnjeg vijka, ali je nagnut, a ne vodoravan. Njegov efektivni promjer je između 1,5 m i 5,0 m. Stožasti vijak pogodan je za visoke silose i za suha goriva, drvenu sječku i prašinu.

Glavne prednosti stožastog vijka su:

- Jednostavna konstrukcija
- Niska tendencija mosta
- Moguća je velika visina silosa (potrebni su prikladni otvori za održavanje)

Nedostaci uključuju:

- Potpuna iskorištenost volumena prostora za pohranu nije moguća, preostali volumen ostaje u silosu
- Ograničeno pristupačno područje
- Dijelovi pogonskog sustava u sobi za silose



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..5924** Sustav pražnjenja sa stožastim vijkom (izvor: Schmid AG energetska rješenja).

Vijak klatna

Vijak klatna (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..60.**) može se koristiti za kontinuirano pražnjenje goriva iz kvadratnih i pravokutnih silosa. Vijak klatna pričvršćen je na silosni rub. Oscilira vodoravno naprijed-natrag u polukrugu unutar ograničenog sektora na dnu silosa i prenosi gorivo na uređaj za pražnjenje. Vijak klatna pogodan je za sva goriva osim nesjeckane kore i grubo isjeckanog drva za održavanje krajolika, ali je osjetljiv na prevelike čestice goriva i kamenje.

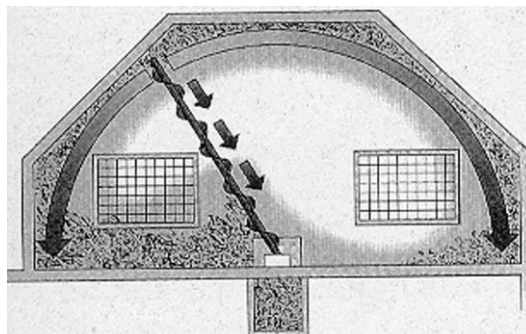
Prednosti vijka klatna su:

- Jednostavna konstrukcija
- Niska tendencija mosta

- Moguća je velika visina silosa (potrebni su prikladni otvori za održavanje)
- Nema dijelova pogonskog sustava u sobi za silose

Nedostaci su:

- Potpuno korištenje osnovnog područja nije moguće, preostali volumen ostaje u silosu
- Osjetljivo na prevelike čestice goriva i kamenje (potrebno sortiranje)



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..60** Sustav pražnjenja s vijkom klatna [69].

Vijak za mljevenja / Glodalica

Glodalica (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..61.**) uglavnom se koristi za pražnjenje okruglih i visokih nadzemnih silosa. Glodalica opisuje krug oko središta na dnu silosa i prenosi gorivo efektivnog promjera od 2 m do 20 m u središte silosa. Pogodan je za sva drvena goriva s maksimalnom kvrgavošću od 200 mm.

Prednosti glodalice su:

- Jednostavna, robusna konstrukcija
- Moguće su velike visine silosa

Nedostaci glodalice su:

- Premošćivanje je moguće ovisno o protočnosti goriva
- Dijelovi pogonskog sustava u sobi za silose
- Osjetljivo na prevelike čestice goriva i kamenje (potrebno sortiranje)



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..61** Glodalica (izvor: JPA Fördertechnik).

6.4.2 Posebni sustavi pražnjenja

Sljedeći posebni sustavi pražnjenja mogu se koristiti za kvalitetnu drvenu sječku i pelete.

Zglobno pražnjenje sa stezaljkama

S zglobnim pražnjenjem (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..62.**), kvadratni i okrugli silosi za kvalitetnu drvenu sječku i za pelete mogu se kontinuirano prazniti. Dvije zglobne ruke kruže oko središta na dnu silosa i prenose gorivo vodoravno u središte prostorije. Radijus se povećava tijekom pražnjenja tako da se čak i periferno locirano gorivo još uvijek može prikupiti i isprazniti. Zglobno pražnjenje ima promjer od oko 6 m, može podnijeti visinu prevrtanja od 6 m i može se dizajnirati vodoravno ili pod kutom. Pogodan je za ispuštanje kvalitetne drvene sječke i peleta.

Prednosti zglobnog pražnjenja su:

- Jednostavna konstrukcija
- Moguća je velika visina prostora za pohranu

Nedostaci pražnjenja su:

- Ograničeno pristupačno područje
- Pogon dijelova sustava u spremištu



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..6227** Sustav pražnjenja s zglobnom rukom (stezaljkom) za kvalitetnu drvenu sječku i pelete (izvor: Holz-energie Schweiz).

Pražnjenje opružnom jezgrom

Pražnjenje opružnom jezgrom (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..63.**) koristi se za kontinuirano ispuštanje kvalitetne drvene sječke i peleta iz kvadratnih i okruglih silosa. Dvije ili tri opružne ruke s vozačima prenose gorivo na otvoreni kanal vijka za pražnjenje uz pomoć rotacijskog pokreta agitatora. Radijus opisan opružnim rukama lista povećava se tijekom pražnjenja, tako da se čak i periferno smješteno gorivo još uvijek može prikupiti i isprazniti. Gorivo se ispušta vodoravno ili dijagonalno prema gore. Maksimalni efektivni promjer je 6 m, maksimalna visina odlagališta je 4 m (pelete) ili 6 m (kvalitetna drvena sječka).

Prednosti pražnjenja opružne jezgre su:

- Jednostavna konstrukcija
- Niska premošćivanje

Nedostaci su:

- Ograničeno pristupačno područje
- Pogon dijelova sustava u spremištu



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..63** Pražnjenje opružnom jezgrom (izvor: Herz).

Sustav pražnjenja pomoću središnjeg vijka s kosim podom

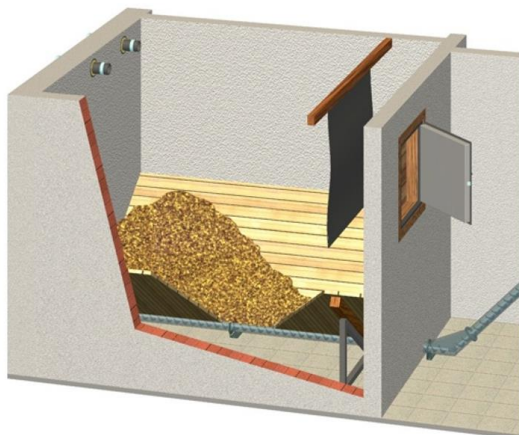
Sustav pražnjenja sa kosim podom (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..64.**) koristi se za kontinuirano ispuštanje peleta iz pravokutnih spremišta. Peleti se ispuštaju vijkom koji se polaže u središte poda spremišta u koritu i čija se duljina proteže po cijelom spremištu. Nagnuti pod s glatkom površinom osigurava da se svi peleti ubace u vijak. Kosi pod sprječava ostavljanje peleta i zaustavlja abraziju i koncentraciju fragmenata u spremištu. Kako bi gubitak skladišnog prostora zbog nagnutog poda bio minimalan, ovaj sustav pražnjenja koristi se samo u uskim, visokim spremištima za pelete. Kosi pod mora imati nagib od $> 40^\circ$ i biti vrlo stabilan. Kako bi se spriječilo preveliko oštećenje peleta tijekom transporta, udaljenost transporta od skladišnog prostora do kotla trebala bi biti što kraća i bez otklona. Promjene smjera mogu uzrokovati poremećaje.

Prednosti ovog sustava su:

- Nema dijelova pogonskog sustava u spremištu
- Niska pomoćna potrošnja energije
- Isplativo

Nedostaci su:

- Nema potpunog korištenja volumena spremišta (iskoristiv volumen $\approx 2/3$ volumena prostorije)
- Volumen prostora za pohranu ograničen je maksimalnom duljinom vijka i maksimalnom dopuštenom visinom prevrtanja.
- Razrađena konstrukcija kosog poda
- Moguće je samo ravno prenošenje, bez krivulja
- Ograničeni kut nagiba prijenosa



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..64** Sustav pražnjenja peleta s kosim podom[69].

Usisni sustavi za skladištenje peleta

Sustavi usisavanja peleta s usisnim sondama ravnomjerno raspoređeni na podu za skladištenje peleta i sustav ekstrakcije "mola" (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..65**) pneumatski prenose pelete iz skladišta peleta u kotao. Usisni sustavi za pelete koriste se u kotlovskim sustavima peleta nazivne snage ispod 50 kW.

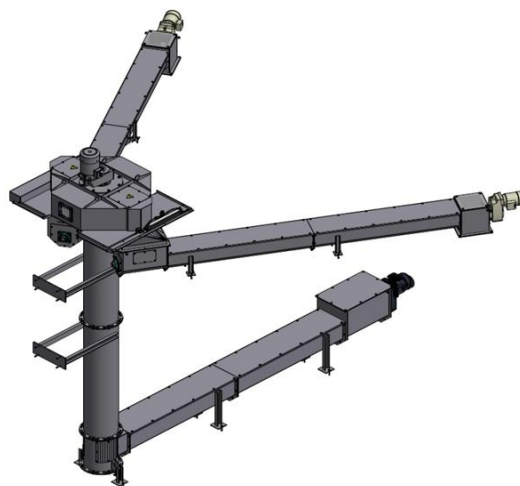


Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..65** Usisni sustav peleta (izvor: Schellinger KG).

6.5 Transportni sustavi

Pužni transporter

Pužnim transporterom (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..66.**) gorivo se može prenijeti vodoravno na okomito. Vijčana spirala u jednostrukom ili dvostrukom dizajnu prenosi gorivo u otvoreno ili zatvoreno vijčano korito. Izvan skladišta smiju se koristiti samo zatvoreni transportni sustavi zbog zaštite na radu. Pokreće ga električni motor koji se može regulirati. Pužni transporter dizajniran je kao čvrsta oštrica ili žičani vijak (ne kao vijak noža bez osovine).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..6631** Pužni transporter za transport od vodoravno do okomito (izvor: Schmid energetske otopine).

Veličina promjera jezgre i nazivna širina vijčanog korita su odrednice za prenosivu kvrgavost goriva. Sustav funkcionira neovisno o sadržaju vode u gorivu i zbog jednostavnog dizajna omogućuje jednostavno rukovanje. Pogodan je za sve vrste goriva, uključujući pelete, osim ne isjeckane kore i grubo isjeckanog krajobraznog drva, a na njega ne utječu prevelike čestice goriva i materijal.

Prednosti pužnog transportera su:

- Visoka učinkovitost
- Mala građevinska masa
- Isplativa i jednostavna gradnja
- Jednostavan za korištenje
- Niska potrošnja električne energije

Nedostaci uključuju:

- Ograničena kvrgavost goriva
- Moguće je samo linearno prenošenje, bez krivulja

Potisni sustav

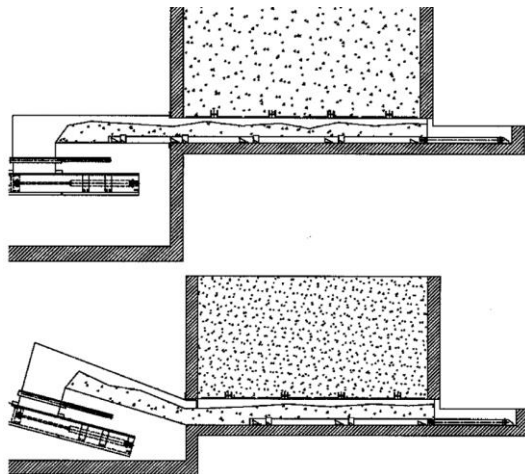
Sa sustavom potiska (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..67.**), gorivo se može prenijeti vodoravno. Jedan ili više hidrauličkih cilindara pomiču jednu ili više potisnih šipki s prečkama naprijed-natrag. Zahvaljujući klinastim pogonima gorivo se gura u željenom smjer. Klinasti pogoni se mogu prilagoditi lokalnoj situaciji. Težina goriva iznad potisnog sustava određuje sile potiska koje zgrada mora apsorbirati. Sustav potiska pogodan je za sva goriva osim drvenih strugotina i prašine i na njega ne utječu preveliki dijelovi goriva i kamenje.

Njegove prednosti su:

- Siguran rad
- Gorivo može biti bilo kojeg oblika, veličine i sadržaja vode
- Nema dijelova pogonskog sustava u silosu

Njegovi nedostaci su:

- Visoke sile smicanja na zgradama
- Ograničena duljina isporuke i brzina protoka
- Moguće je samo linearno korištenje
- Potrebno je održavanje i održavanje



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**67 Potisni sustav horizontalnog transporta (gore) i rastućeg transporta (dno) [69].

Lančani strugač transporter

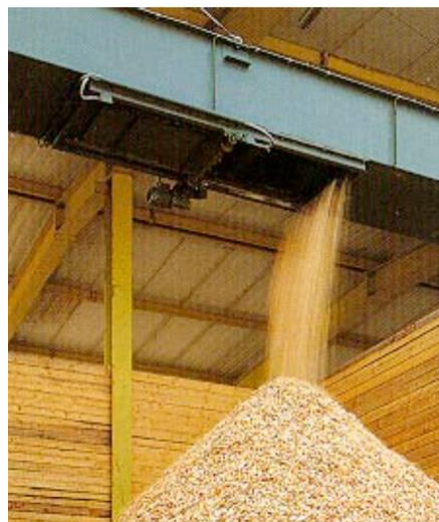
Lančani strugač transporter (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**68) može se koristiti za prijenos širokog raspona energetskog drva vodoravno ili okomito. Lančani strugač transporter radi slično transportnoj traci. Dva lanca su paralelna u konstrukciji zatvorene kutije. Između njih se montiraju nosači koji guraju energetsko drvo na svoje odredište. Uz odgovarajuće modifikacije (različiti otvori pražnjenja), mogu se napuniti i veliki silosi i skladišta. Lančani strugač transporter neosjetljiv je na prevelike dijelove goriva i materijale i pogodan je za sva goriva osim drvne sječke i prašine.

Njegove prednosti su:

- Visoka stopa isporuke
- Širok raspon primjena

Njegovi nedostaci su:

- Razrađena gradnja
- Visoki troškovi ulaganja
- Potrebno je održavanje i popravak
- Buka



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**6833 Lančani strugač transporter [69]

Pneumatski transport

Pneumatskim prijenosom (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**69) gorivo se upuhuje u silos pomoću strujanja zraka. U tom procesu sustav filtra za automatsko čišćenje odvaja fine čestice od ispušnog zraka. U središnjim sustavima ekstrakcije ciklonski filter odvaja transportni zrak od goriva, a dio se reciklira i ponovno koristi. Pneumatsko prenošenje također se može koristiti za prevladavanje velikih horizontalnih i vertikalnih udaljenosti. Međutim, to zahtijeva točan dizajn u funkciji specifičnog asortimana goriva. Sustav je pogodan za suhu drvenu sječku, strugotine, prašinu i pelete te je osjetljiv na prevelike čestice goriva i rasipne materijale.

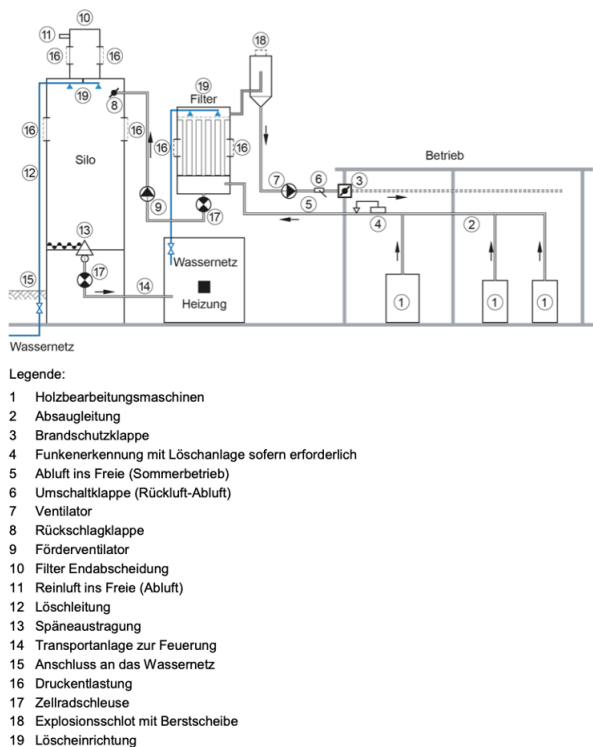
Prednosti pneumatskog prenošenja su:

- Lako se prilagođava zgradi
- Okruženje bez prašine
- Velike horizontalne i vertikalne udaljenosti mogu se pokriti

Glavni nedostaci su:

- Ograničeno na suho, fino gorivo
- Bučan
- Potrebni su dodatni silosi
- Opasnost od eksplozije zbog sadržaja prašine

- Velika potrošnja energije



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..6934**
Pneumatski prijenos (izvor: VKF 104-15 Spänefeuerungen[70])

6.6 Punjenje peći

Gorivo se dovodi u peć putem uređaja za punjenje. U sustavima s više kotlova svaki sustav ima svoj dovodnik za gorivo. U pravilu se gorivo dovodi vijčanim transporterima ili hidrauličkim dodavačima.

Vijčani transporter

Vijčane transportere ili vijke za loživače (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..70.**) omogućuju kontinuirano punjenje bez kompresije goriva. To rezultira ujednačenim opterećenjem rešetke peći, ali ograničeno na jednu stranu. Pomoću dvostrukih vijčanih transportera, ravnomjerno punjenje rešetke može se proširiti na cijelu širinu rešetke.

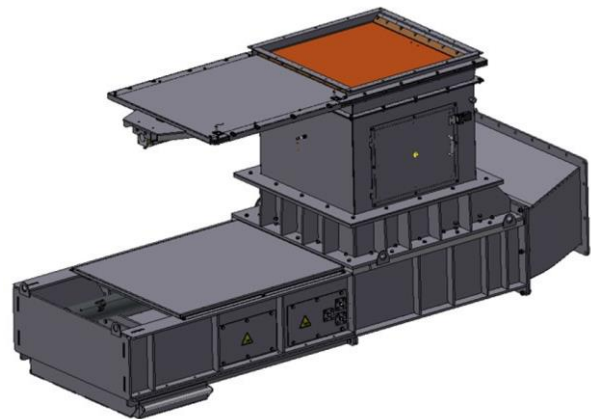


Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..7035** Punjenje s

vijčanim transporterom (izvor: Schmid energetska rješenja).

Hidraulički potiskivač

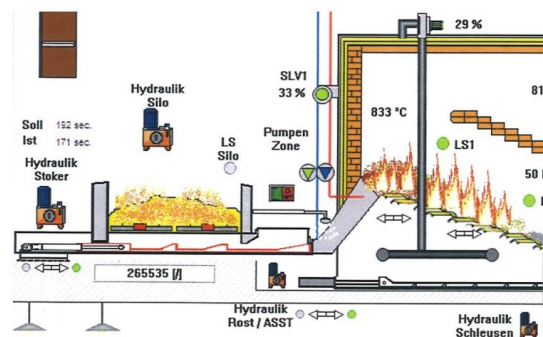
Hidraulički potiskivači (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..71.**) diskontinuirano pune peć gorivom. Stoga je blago komprimiran. Unaprijed određena količina goriva se dovodi kroz otvor ispred potiskivača i zatim polako i kontinuirano gura u peć prema potrebnoj brzini paljenja. U slučaju goriva s visokim udjelom stranih tvari (otpadno drvo), može doći do povećanog trošenja potisnog cilindra i kanala za umetanje.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..7136** Punjenje s hidrauličkim potiskivačem (izvor: Schmid energetske otopine)

Izravno umetanje (sustavi odašiljača na pritisak)

U slučaju izravnog punjenja (sustavi potiskivača, Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..72.**), odvija se jaka kompresija goriva. Kako bi se osiguralo da zbijeno gorivo može optimalno izgorjeti na pokretnoj rešetki, prethodno se mora ponovno otpustiti, uključujući dodatne mjere. Kompresija se također može smanjiti raspoređivanjem reljefne zone u kanalu za umetanje. Kako bi se izbjegle fluktuacije snage, gorivo se kontinuirano unosi u peć prema potrebnoj brzini paljenja.

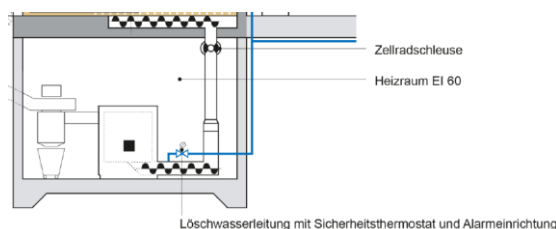


Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..72** Izravno punjenje (izvor: Agro Forst & Energietechnik GmbH).

6.7 Zaštita od povratnog paljenja u sustavu transportera goriva

Kako bi se spriječio povratni požar iz komore za izgaranje u dovod goriva i u prostor za skladištenje goriva, sustavi za loženje drva s automatskim napajanjem moraju biti opremljeni uređajima za zaštitu od povratnog požara. Odgovarajući propisi su specifični za pojedine zemlje.

CH i AT: Potrebna su najmanje dva neovisna uređaja, uređaj za gašenje u opskrbi gorivom s okidanjem neovisnim o toplinskoj struji i najmanje još jednom povratnom zaklopkom, rotacijski ventil ili slično (Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..73.).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..73** Zaštita od povratnog paljenja (izvor: VKF 104-15 Spänefeuerungen[70]).

DE: U slučaju sustava za izgaranje biomase s mehaničkim punjenjem, mora se predvidjeti sigurnosni uređaj za sprječavanje povratnog paljenja i iskri u transportnoj ili mjernoj opremi i u kotlovnici. (vidi poglavlje 19).

Uređaj za gašenje požara

S uređajem za gašenje, voda iz slavine se ubrizgava u kanal za gorivo pomoću toplinskog okidača neovisnog o struji kako bi se spriječio povratni požar u slučaju ispuštanja. Ventil za vodu za gašenje i temperaturni uređaj uključeni su u opseg isporuke kotla na biomasu. Projektant je odgovoran za spajanje cjevovoda i potrebno je obratiti pažnju na ugradnju filtera za prljavštinu.

Korak ispuštanja

Korak ispuštanja (osovina ispuštanja) u dovod goriva stvara lokalni prekid u transportnom sustavu i na taj način sprječava povratnu vatru.

Klizni i povratni ventili

Klizni ventili i prigušnici povratnog paljenja ugrađeni su u dovodnu osovina dovoda goriva. Ako se prekorači podesiva granica temperature, termostatski pokreće proces zatvaranja i isključuje dovod goriva.

Rotacijski ventil

Rotacijski ventil sastoji se od kotača s više oštrica ugrađenog u metalno kućište i nalazi se u osovini za ispuštanje. Pokreće ga električni motor spojen s transportnim motorima. Kada su u zastoju, lopatice kotača blokiraju prolaz goriva i tako sprječavaju povratnu vatru.

U silosu za strugotine pod tlakom rotacijski ventil odvaja silos od transportnog sustava bez tlaka.

6.8 Uklanjanje pepela

Mehanički transporteri za uklanjanje pepela uključuju vijčane transportere, transportere potisnih šipki, lančane strugač transportere i uklanjanje mokrog pepela s lančanim transporterima strugača (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..74** . do Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..76**). Oni prenose pepeo iz komore za izgaranje u kante za pepeo ili spremnike pepela i, osim vijčanih transportera, također mogu pokriti veće udaljenosti.

Prednosti su:

- Niska osjetljivost na smetnje
- Strani dijelovi, dijelovi šljake i čestice žara ne utječu na njega
- Niska pomoćna potreba za energijom
- Niska emisija buke.

Glavni nedostaci su:

- Zahtjev za visokim prostorom (neprikladan za skućene prostore)
- Visoka istrošenost s pepelom bogatim šljakom ili drugim stranim sadržajem



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..7439** Vijak za pepeo od požara (izvor: Schmid AG energetska rješenja).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..7540** Podno uklanjanje pepela, pražnjenje pomicanjem poda. (Izvor: Schmid AG energetska rješenja).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..7641** Mehanički transporter za uklanjanje pepela: s lančanim strugač transporterom (izvor: AEE INTEC).

7 Hidraulika za proizvodnju topline

7.1 Hidrauličke osnove

Ovo poglavlje bavi se zahtjevima za hidrauliku povezanu s proizvodnjom topline. Hidraulika za distribuciju topline ne obrađuje se dalje u ovom Priručniku za planiranje centraliziranih toplinskih sustava, pogledajte Priručnik o planiranju mreža centraliziranog grijanja [19].

Detaljni zahtjevi za projektiranje hidrauličkih i upravljačkih rješenja u pogledu proizvodnje topline navedeni su u svesku 2 i volumenu 5 serije publikacija QM Holzheizwerke (standardne hidrauličke sheme Dio I [62] i Dio II [71]).

U standardnim hidrauličkim shemama dio I. i dio II. hidrauličko i upravljačko inženjersko rješenje detaljno je opisano za svaku od osam osnovnih varijanti sustava grijanja na biomasu kao zaseban cjelokupni dokument sa sljedećim odjeljcima:

- Kratak opis i odgovornosti
- Načelna shema i dizajn
- Funkcionalni opis
- Snimanje podataka za operativnu optimizaciju
- Prilog protokolu odobrenja

Preporuča se odabrati jednu od **dokazanih standardnih hidrauličkih shema** kad god je to moguće kako bi se zadovoljili osnovni zahtjevi kvalitete hidraulike i kontrole.

Kad je riječ o hidraulici proizvodnje topline, to znači da se poštuju načela kao što su proširivost proizvodnje topline daljnjim kotlom na biomasu, strogo razdvajanje hidrauličkih krugova s niskom razlikom tlaka (zaobilazni/hidraulički separator) i usklađenost s minimalnim tijelima ventila.

Pojednostavljeni izračun brzine protoka (volumenski protok), razlike tlaka (napor) i kapaciteta crpke

U hidraulici proizvodnje topline često se postavljaju sljedeća tri pitanja za projektiranje kotlovskih krugova:

- Koliko velik mora biti protok?
- Koja je razlika tlaka u kontrolnom ventilu pri ovoj brzini protoka?
- Koja je potreba za napajanjem crpke za upravljanje tim protokom?

Sljedeće tri pojednostavljene formule obično odgovaraju na ova pitanja s dovoljnom točnošću.

Teći:

$$\dot{V} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] = 0.86 \frac{\dot{Q} [\text{kW}]}{\Delta T [\text{K}]}$$

Razlika u tlaku:

$$\Delta p [\text{kPa}] = 100 \left(\frac{\dot{V} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]}{k_v \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]} \right)^2$$

Kapacitet pumpe:

$$P_{\text{pump}} [\text{kW}] = 0.86 \frac{\Delta p [\text{kPa}] \dot{V} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]}{3600 \eta_{\text{pump}} [-]}$$

\dot{V} Brzina protoka u m³/h

\dot{Q} Toplinska snaga u kW

ΔT Temperaturna razlika u K

Δp Razlika tlaka u kPa

k_v Faktor protoka u m³/h

P_{pump} Potrošnja snage pumpe u kW

η_{pump} Učinkovitost pumpe

Važna napomena:

Ove formule se primjenjuju približno na vodu od 5...95 °C. To su numeričke jednadžbe vrijednosti u kojima se količine moraju koristiti u propisanim jedinicama. Faktor 0,86 odgovara proizvodu gustoće [kg/m³] i toplinskog kapaciteta [kWh/(kg*K)].

7.2 Kontrola kotlovskog kruga

Kako bi korozija kotla na zidovima cijevi dimnih plinova bila niska, proizvođači kotlova propisuju minimalnu ulaznu temperaturu vode u kotao (vidi poglavlje 5.4). Ova minimalna temperatura ulaza kotla osigurava se odgovarajućim miješanjem protoka do povratka putem hidrauličnog primjesnog kruga u krugu kotla putem trosmjernog ventila. Kako bi se osigurala stalna izlazna temperatura kotla, to se dodatno kontrolira neizravno putem trosmjernog ventila podizanjem ili snižavanjem ulazne temperature kotla. Osnovna načela za projektiranje upravljačkog ventila u krugu za miješanje prikazana su u nastavku.

7.2.1 Regulacijski ventil kotlovskog kruga

Trosmjerni ventili s dva ulaza i jednim izlazom, takozvanim ventilima za miješanje, obično se koriste u krugu kotla (vidi Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 77**).

Hidrauličko ponašanje upravljačkih ventila opisano je takozvanom osnovnom karakterističnom krivuljom. Ovo predstavlja hod kao funkciju brzine protoka. Trosmjerni ventili obično se nude s dvije različite osnovne karakteristične krivulje:

- **Linearna karakteristična krivulja:** jednake promjene u hodu rezultiraju jednakim promjenama

brzine protoka (primjena: upravljačka petlja bez izmjenjivača topline).

- **Jednopolstotna karakteristična krivulja:** jednake promjene hoda rezultiraju jednakom postotnom promjenom brzine protoka struje (primjena: kontrolna petlja s izmjenjivačem topline).

Dodatne informacije o upravljačkim ventilima možete pronaći u Priručniku o planiranju mreža centraliziranog grijanja ([19], poglavlje 8.4.4).

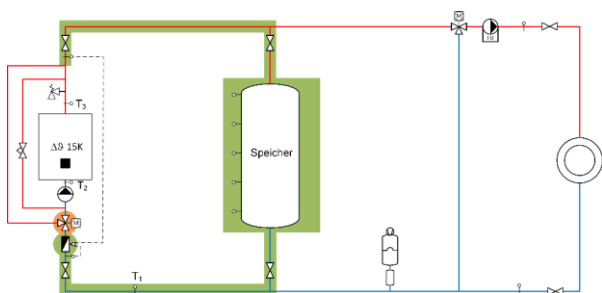
Proizvođači određuju faktor protoka (k_{VS} **vrijednost**) za svaki upravljački ventil. To omogućuje izračunavanje pada tlaka preko potpuno otvorenog upravljačkog ventila pri protoku od 100 % pomoću sljedeće formule razlike tlaka:

$$\Delta p_{V,100} [\text{kPa}] = 100 \left(\frac{\dot{V}_{100} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]}{k_{VS} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]} \right)^2$$

$\Delta p_{V,100}$ Pad tlaka preko ventila pri stopostotnom protoku

$\Delta p_{V,0}$ Pad tlaka preko ventila pri protoku od 0% kada se tek počinje otvarati

$\Delta p_{var,100}$ Pad tlaka preko zelene označene dionice s promjenjivim protokom (Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 77.)



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 771** Kotlovski krug s konstantnim protokom i dio s promjenjivim protokom u zelenoj boji

Varijabilni dio protoka odlučujući je za konstrukciju upravljačkog ventila zaštite temperature povratka kotla (vidi zeleni označeni dio Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 77**). Razlika tlaka u dijelu s promjenjivim protokom trebala bi biti što je moguće manja. Crpka u krugu kotla radi s konstantnim protokom, što omogućuje kontrolu temperature. To znači da je ulazna temperatura kotla regulirana upravljačkim ventilom tako da se konstantna izlazna temperatura kotla može izvoditi pri stalnom protoku u kotlu. Sljedeće formule mogu se koristiti za određivanje protoka ventila i crpke i ovlaštenja ventila (VA) u krugu kotla.

Protok ventila:

$$\dot{V}_V \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] = 0.86 \frac{\dot{Q} [\text{kW}]}{T_3 - T_1 [\text{K}]}$$

Protok crpke:

$$\dot{V}_P \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] = 0.86 \frac{\dot{Q} [\text{kW}]}{T_3 - T_2 [\text{K}]}$$

Ovlaštenje ventila:

$$VA = \frac{\Delta p_{V,100}}{\Delta p_{V,100} + \Delta p_{var,100}}$$

\dot{V}_P Brzina protoka u m^3/h

\dot{V}_V Brzina protoka u m^3/h

VA Ovlaštenje ventila

\dot{Q} Toplinska snaga u kW

$T_{1..3}$ Temperatura na mjernoj točki od 1 do 3 u $^{\circ}\text{C}$ prema Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 77

$\Delta p_{V,100}$ Pad tlaka preko ventila pri stopostotnom protoku

$\Delta p_{var,100}$ Pad tlaka preko dijela označenog podebljanim promjenjivim protokom (Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 77.)

Važna napomena:

Ove formule primjenjuju se otprilike na vodu od $5...95^{\circ}\text{C}$. To su numeričke jednadžbe vrijednosti u kojima se količine moraju koristiti u propisanim jedinicama. Faktor 0,86 odgovara proizvodu gustoće [kg/m^3] i toplinskog kapaciteta [$\text{kWh}/(\text{kg}\cdot\text{K})$].

Ovlaštenje ventila

Kada je ventil ugrađen u hidraulički krug, više se ne ponaša prema osnovnoj karakterističnoj krivulji jer razlika tlaka preko ventila postaje varijabilni dio ukupnog pada tlaka sustava. Kao rezultat toga, osnovna karakteristična krivulja je više ili manje deformirana. S povećanjem deformacija, točnost i brzina kontrole sve je više narušena, au ekstremnim slučajevima kontrolna petlja postaje nestabilna i počinje oscilirati.

Ovlaštenje ventila koristi se kao mjera za deformaciju osnovne karakteristične krivulje.

Formula za izračunavanje autoriteta ventila (VA) navedena je gore. Pad tlaka preko tog dijela hidrauličkog kruga na čiji promjenjivi protok utječe ventil ima važnu ulogu (vidi sliku Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 77**, zeleni označeni dio).

U hidrauličkim krugovima s trosmjernim ventilima ne pojavljuju se problemi sa stabilnošću sve dok se poštuje sljedeće pravilo:

$$VA = \frac{\Delta p_{V,100}}{\Delta p_{V,100} + \Delta p_{var,100}} \geq 0.5$$

(ciljna vrijednost, granična vrijednost u iznimnim slučajevima $VA \geq 0,3$)

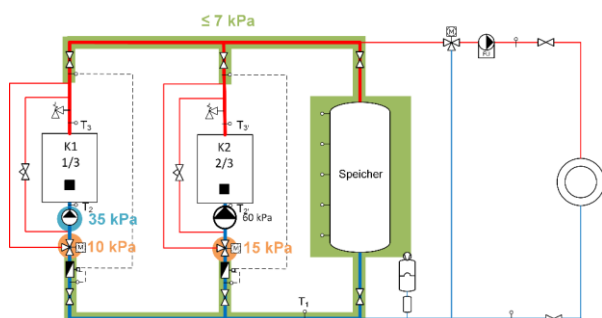
To rezultira: $\Delta p_{V,100} \geq \Delta p_{var,100}$

Pri protoku od 100 % pad tlaka preko otvorenog trosmjernog ventila ($\Delta p_{V,100}$) mora biti jednak ili veći od pada tlaka preko varijabilnog dijela protoka ($\Delta p_{var,100}$).

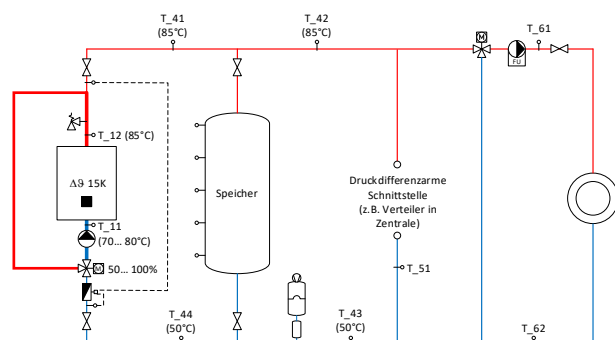
Nekoliko kotlovskih krugova često je spojeno u **krug miješanja** s malom razlikom tlaka (npr. u spremnik topline). Svaka kotlovska crpka prima vodu preko ventila i varijabilnog dijela protoka (vidi Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..78**). To postavlja još jedno pitanje: "Koja je maksimalna razlika tlaka dopuštena preko linije promjenjivog protoka?" Ako ta razlika tlaka postane prevelika, pojedinačni kotlovski krugovi utjecat će jedni na druge. To može dovesti do smanjenja protoka kotlovske pumpe s pre niskom isporukom, a nazivna snaga povezanog kotla više se ne može isporučiti. Da bi se to spriječilo, uz pravilo ovlaštenja ventila mora se poštivati sljedeće pravilo.

Nekoliko kotlovskih krugova spojeno u krug miješanja

Ako je nekoliko krugova kotlova povezano s niskom razlikom tlaka u krugu miješanja (npr. u spremniku topline), maksimalna razlika tlaka u odnosu na dio s promjenjivim protokom ne smije biti veća od 20 % glave isporuke najmanje kotlovske crpke na mjestu projektiranja (vidi Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..78**).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..782** Kotlovski krugovi s konstantnim protokom u sustavima s više kotlova. Na kotao 1 utječe se ili značajno smanjuje kada dva kotla rade paralelno na nazivnoj snazi kotla.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..79** Hidraulička integracija kruga kotla bez i s prenosnicom

7.2.2 Premosnica (zaobilaznje) u krugu kotla

S ispravno dizajniranim hidrauličkim krugom, upravljački ventil radi na razumno linearan način. 50% protok odgovara 50% hodu, 100% protok odgovara 100% hodu.

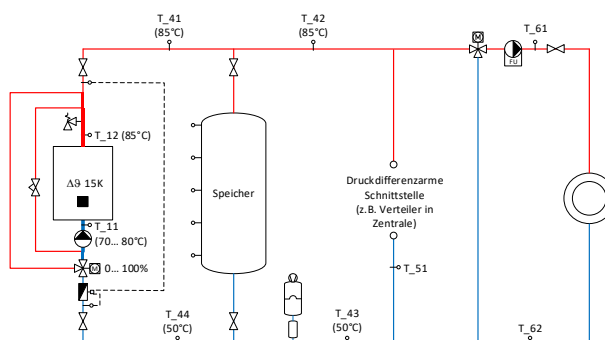
Ako je kontrolni raspon upravljačkog ventila bez prenosnice u krugu kotla ozbiljno ograničen različitim razinama temperature između glavne temperature povratka i ulazne temperature kotla, to može dovesti do netočne kontrole ili čak oscilacija upravljačkog kruga.

S prenosnicom u krugu kotla, kontrolni raspon upravljačkog ventila može se značajno proširiti unatoč različitim razinama temperature između glavnih temperatura povratka i ulaza kotla (vidi Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..79**).

Prenosnice su obično korisne,

- ako je temperaturna razlika između izlazne temperature kotla i ulazne temperature kotla ($T_{12} - T_{11}$ Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..79**) veća od 10 K manja od temperature razlike između izlazne temperature kotla i maksimalne dopuštene glavne povratne temperature ($T_{12} - T_{43}$ Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..79**). Upravljački ventil stoga se može dizajnirati manje i njegov upravljački raspon može se u potpunosti iskoristiti.
- ako se osigura da se glavna povratna temperatura T_{43} ne može podići iznad vrijednosti dizajna ni u kojem radnom slučaju. Tek tada je osigurano da kotao može isporučiti svoju nominalnu snagu u svakom slučaju.

Protok volumena obilaznice projektiran je na sljedeći način: Pri nazivnoj snazi i maksimalnoj glavnoj temperaturi povrata protok volumena preko obilaznice ventila za miješanje trebao bi biti približno nula. Položaj ventila postavljen je na 100 % prolaza.



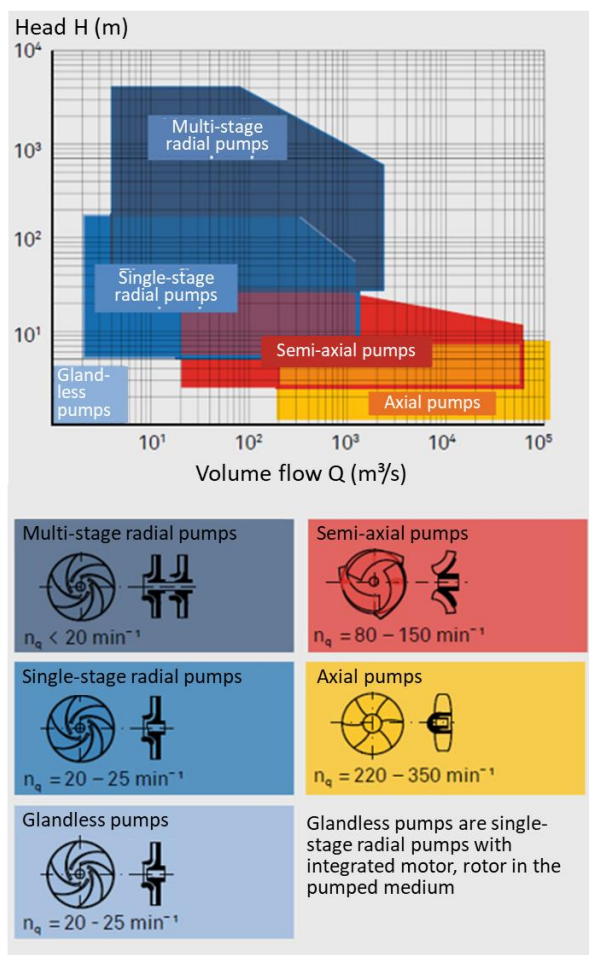
Hidraulička integracija kruga kotla bez i s

7.3 Pumpe

7.3.1 Vrste pumpi

Napravljena je osnovna razlika između:

- **Pumpa koja radi na suho (rotor).** Pumpa je spojena na standardni motor putem osovine i spojnice.
 - S postoljem pumpe, standardni motor i pumpa montiraju se na postolje.
 - S linijskom pumpom standardni motor montiran je na ugrađenu cijevnu pumpu.
- **Pumpa s mokrim radom (bez mjehiruća):** Kućište i takozvani konzervirani motor tvore jednu jedinicu. Pumpani medij podmazuje ležajeve i hladi motor. Crpku pokreće istosmjerni sinkroni motor s trajnim magnetnim rotorom. Raspon primjene trenutno je maksimalni protok volumena od 80 m³/h.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**804 Tipologija pumpi prema naponu i protoku [72]

Regulacijske **kotlovske pumpe s regulacijom brzine** dostupne su u sljedećim verzijama

- Pumpa s vlažnim rotorom s beskonačno promjenjivom brzinom kontroliranom istosmjernom regulacijom brzine

- Pumpa na suhi rad s rotorom sa standardnim motorom (pumpa na postolju) i vanjskim pretvaračem frekvencije
- Pumpa na suhi rad sa standardnim motorom (pumpa na postolju) i montiranim pretvaračem frekvencije

7.3.2 Projektiranje pumpe

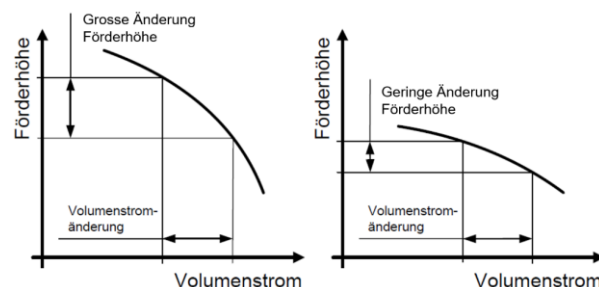
Korištenje programa za dimenzioniranje crpki proizvođača pumpi omogućuje usporedbu različitih pumpi za navedeni raspon primjene (protok volumena, glava isporuke) s obzirom na energetska učinkovitost i životne troškove.

Podaci specifični za proizvod dizajnerskog programa (karakteristična krivulja pumpe, ukupna učinkovitost [pumpa za učinkovitost plus motor], pumpa za učinkovitost) proizvođača omogućuju optimalan odabir.

Kako bi se mogli provjeriti ili usporediti podaci o proizvodu iz programa dizajna, moraju se poštivati sljedeće osnove tehnologije pumpe:

Karakteristika pumpe

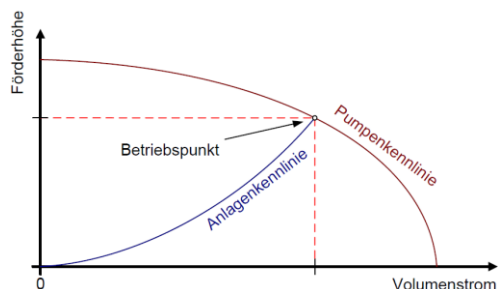
Krivulja crpke prikazuje glavu isporuke (razlika tlaka) kao funkciju protoka volumena (brzina protoka). Razlikuje se ravne karakteristične krivulje crpki male brzine i strme karakteristične krivulje crpki velike brzine (vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 81). Kotlovske pumpe imaju ravne karakteristične krivulje, kapilarne pumpe imaju strme karakteristične krivulje.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 815 Strma (lijevo) i ravna krivulja pumpe (desno).

Karakteristična krivulja sustava

Gubitak tlaka mreže grijanja povećava se četverokratno s protokom volumena. Ova ovisnost između visine isporuke i volumnog protoka prikazana je na karakterističnoj krivulji. Budući da krivulja pumpe također pokazuje istu ovisnost između glave isporuke i protoka volumena, obje krivulje mogu se unijeti u isti koordinatni sustav (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**82).). Imaju zajedničku točku raskrižja. Ovo je radna točka pumpe u kojoj visina isporuke pumpe odgovara gubitku tlaka u sustavu.



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..82 Karakteristična krivulja pumpe i sustava [19].

Zakoni proporcionalnosti

Pri promjeni brzine cirkulacijske pumpe, visina isporuke, volumni protok i hidraulička snaga ponašaju se prema sljedeća tri zakona proporcionalnosti.

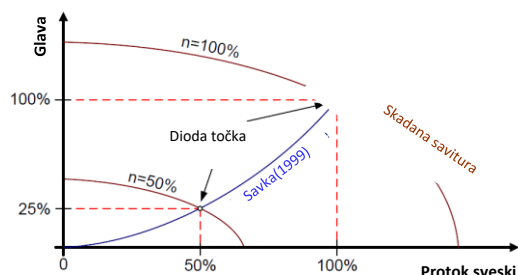
Brzina protoka proporcionalna je brzini pumpe:

Glava (razlika tlaka) mijenja se s kvadratom brzine:

Kapacitet hidrauličke pumpe mijenja se snagom tri brzine:

$$\frac{P_{hydr1}}{P_{hydr2}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

Tako pri pola brzine protok volumena pada na polovicu, glava za isporuku, odnosno pad tlaka, pada na četvrtinu, a potreba za napajanjem pumpe pada na osminu.



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 83 Karakteristična krivulja pumpe i sustava za dvije različite brzine [19].

Potrošnja energije pumpe, učinkovitost pumpe, energetska učinkovitost

Izbor cirkulirajuće pumpe je pitanje hidrauličkog dizajna. Potrošnja energije crpke također se mora uzeti u obzir od samog početka. U tu svrhu mora se poštovati potrebna klasa energetske učinkovitosti za elektromotor žljezdanih crpki i ograničenja indeksa energetske učinkovitosti (EEI) za crpke bez žljezda (vidi i Priručnik o planiranju mreža centraliziranog grijanja ([19], poglavlje 3.3.2.).

Što treba uzeti u obzir?

- Izbjegavajte nepotrebno velike protoke volumena
- Mrežna karakteristična krivulja što ravnija
- Položaj radne točke u dijagramu pumpe ima odlučujući utjecaj na učinkovitost. Optimalna učinkovitost je obično u srednjoj trećini

karakteristične krivulje za najviši stupanj brzine; međutim, postoje iznimke.

- Koristite samo cirkulacijske pumpe s promjenjivom brzinom u kotlovskim krugovima s vrlo promjenjivim protokom (vidi poglavlje 7.3.3) Istodobno provjerite nije li radna točka predaleko od srednje trećine karakteristične krivulje za maksimalni stupanj brzine.
- Za pumpe s kontrolom brzine treba koristiti crpke bez žljezda s istosmjernim sinkronim motorima s rotorom s trajnim magnetom.

7.3.3 Kotlovska pumpa s regulacijom brzine

U pravilu, unutarnji krug kotlova kotlova na biomasu radi s konstantnim protokom volumena prema specifikacijama standardnih hidrauličkih shema. To olakšava upravljivost sustava, jer se kontrolira samo trosmjerni ventil i nije potrebna kotlovska pumpa s kontrolom brzine. Jednostupanjska, optimalno dimenzionirana kotlovska pumpa zadovoljava zahtjeve energetske učinkovitog rada crpke. Pumpe bez žljezda s beskonačno promjenjivim istosmjernim sinkronim motorom s konstantnom brzinom moraju raditi na fiksnoj radnoj točki u smislu protoka volumena, odnosno konstantne brzine.

Motivacija za korištenje kotlovske pumpe s kontrolom brzine je smanjenje električne energije potrebne za rad pumpe. Kotlovska pumpa s kontrolom brzine koristi se u sljedećim primjenama:

- **Kontrolni pristup za neizravno podešavanje izlaza putem postavljene temperature kotla (izlazni) (krug kotla s trosmjernim ventilom za zaštitu temperature povratka kotla s konstantnom temperaturom ulaza kotla):**

To je indirektna izlazna specifikacija kotla na biomasu putem zadane brzine kotlovske pumpe pri konstantnoj ulaznoj temperaturi kotla. Setpoint vrijednost izlaza kotla indirektno određuje regulator putem temperature vode kotla, kontrolirajući do stalne točke temperature kotla (utičnice).

Zbog inercije neizravnog ulaza snage, ovaj kontrolni pristup nije svrsishodan kada se koristi spremnik topline s izravnim unosom zadane vrijednosti brzine pečenja kontrolom prema stanju punjenja spremnika.

- **Kontrolni pristup za stalnu temperaturnu razliku nad krugom kotla (temperatura izlaza kotla minus ulazna temperatura kotla) (krug kotla s trosmjernim ventilom za zaštitu temperature povratka kotla s konstantnom temperaturom ulaza kotla):**

Brzina kotlovske pumpe kontrolira se prema izlazu kotla tako da i izlazna temperatura kotla i ulazna temperatura kotla ili njihova razlika ostaju konstantni.

Problematične su radne faze pokretanja kotla, izgaranja i stanja pripravnosti, u kojima je teško zadržati temperaturu izlaza kotla konstantnom. Nadalje, na ponašanje kontrole može negativno utjecati stratifikacija kotlovske vode pri malom protoku volumena ili pri djelomičnom opterećenju.

Pojednostavljeni pristup kontroli: Brzina kotlovske pumpe navedena je izravno kao funkcija postavljene točke izlaza kotla. Potreban raspon brzine mora se odrediti ili prilagoditi tijekom puštanja u pogon. Međutim, izlazna temperatura kotla može pokazati veća, neželjena odstupanja ako izlaz kotla više ne odgovara navedenoj izlaznoj kotlovnici zbog promjene kvalitete goriva.

• **Kontrolni pristup za krug kotla bez zaštite temperature povratka kotla (krug kotla bez trosmjernog ventila):**

Niskoproduktivni kotlovi na biomasu mogu imati dizajne kotlova koji ne zahtijevaju minimalnu temperaturu ulaza kotla i ne zahtijevaju zaštitu temperature povrata kotla.

Brzina kotlovske pumpe kontrolira se tako da se izlazna temperatura kotla održava konstantnom u cijelom izlaznom rasponu (npr. 50...100 %) bez obzira na navedenu izlaznu snagu kotla. Prema tome, promjenjivi volumen teče kroz kotao na promjenjivoj temperaturi ulaza kotla.

I ovdje je točnost kontrole izlazne temperature kotla ograničena nepoželjnim raslojavanjem kotlovske vode pri malom protoku volumena ili pri djelomičnom opterećenju.

Kao što gore navedena objašnjenja pokazuju, zahtjeva je uporaba pumpi i s kontrolom brzine u kotlovskom krugu kotla na biomasu. Odstupanja temperature izlaza kotla ometaju temperaturno raslojavanje u skladištenju topline i stoga mogu dovesti do nepovoljnog ponašanja sustava u kontroli. Iz tog razloga ti kontrolni pristupi nisu navedeni u standardnim hidrauličkim shemama.

Možda će biti potrebni sljedeći dodatni zahtjevi za kontrolu:

- Početne faze rada, izgaranje i stanje pripravnosti zahtijevaju dodatne regulacijske ili upravljačke funkcije, posebno za kotlove na biomasu s oblogama komora s teškim izgaranjem i visokom inercijom.
- Pri radu kotla na biomasu s različitom kvalitetom goriva, stalna izlazna temperatura kotla može se postići samo dodatnim sustavima kontrole (npr. uključujući trenutnu prosječnu toplinsku snagu na mjeraču topline, uzimajući u obzir mrtvo vrijeme volumena vode kotla).

7.3.4 Pouzdanost u radu i redundantnost kotlovske pumpe

U sustavima tople vode s maksimalnom temperaturnom razinom zagrijane vode od $< 110\text{ }^{\circ}\text{C}$, zamjenska kotlovska pumpa spojena hidraulički paralelno može se izostaviti ako se kotla može odmah zamijeniti ako je potrebno. Ako zamjenska crpka nije dostupna u kratkom roku, treba uzeti u obzir držanje zamjenske crpke na zalihi. **Napomena:** S duljim vremenom skladištenja pumpa možda više nije najsuvislija.

U sustavima tople vode s najvećom temperaturnom razinom od $> 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ sigurnosne specifikacije (norme, zakonski propisi, vidjeti poglavlje 19.) određuju je li paralelno spojena zamjenska kotlovska pumpa.

7.4 Mjerač topline

Mjerači topline ugrađuju se kako bi se zabilježila količina proizvedene ili izvučene topline. Nadalje, omogućuju potrebne operativne podatke o bilježenju trenutne toplinske snage za operativno praćenje i operativnu optimizaciju, kako je propisano u standardnim hidrauličkim shemama. Ugradnja mjerača topline potrebna je za praćenje kvalitete u skladu s QM-om za centralizirane toplinske sustave na biomasu.

Ugradnja mjerača topline u toplanu mora se osigurati na sljedećim mjestima:

- U krugu generatora topline svakog pojedinog generatora topline (kotao na biomasu, ekonomizator, kondenzacija dimnih plinova, toplinska pumpa itd.)
- U svakoj pojedinačnoj skupini cjevovoda centraliziranog grijanja za bilježenje količine topline koja se unosi u mrežu i gubitaka distribucije topline te za bilježenje vrhova opterećenja ili smanjenja opterećenja tijekom dana
- Ugradnja mjerača topline preporučuje se u kotlovskom krugu plinskih i naftnih kotlova. Ako to nije slučaj, kotlovi moraju imati mjerač radnog vremena i mjerač ulja/plina (u slučaju modulirajućeg plamenika mjerač ulja/plina mora kontinuirano bilježiti protok volumena struje).

Upotreba kalibriranih mjerača topline potrebna je za naplatu isporuka goriva ili topline kupljene od kupca. Mjerenje topline zahtijeva mjerenje protoka i mjerenje temperaturnih razlika između protoka i povrata.

7.4.1 Značajke mjerača topline

Klasa točnosti mjerača topline određena je mjernom točnošću protoka i temperaturnom razlikom.

Mjerni raspon brzine protoka daje radni raspon između nominalne brzine protoka q_p i minimalne brzine protoka q_i . Omjer nazivnog protoka i minimalnog protoka mjera je propusnosti raspona protoka unutar koje je zajamčena određena točnost mjerenja volumetrijskog protoka. Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 84 prikazuje krivulju pogreške rotorskog brojila, a Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 85 prikazuje krivulju pogreške u metodi mjerenja oscilirajućeg protoka mlaza.

Pad tlaka pri nominalnom protoku q_p često je vrlo visok (20 do 25 kPa za brojila rotora). Iako pad visokog tlaka povećava radni raspon i točnost mjerenja, također pogoršava autoritet ventila upravljačkog ventila (vidi poglavlje **Pogreška! Izvor reference nije pronađen..**), koji se često nalazi u istom putu protoka (promjenjiv protok volumena kruga kotla).

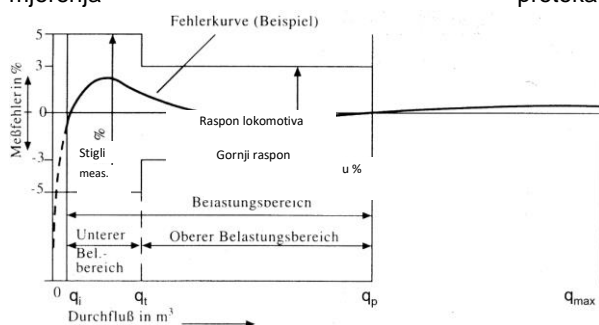
Kvaliteta vode ima veliki utjecaj na točnost mjerenja u dugotrajnoj uporabi.

Za mjerenje protoka koriste se sljedeće metode mjerenja:

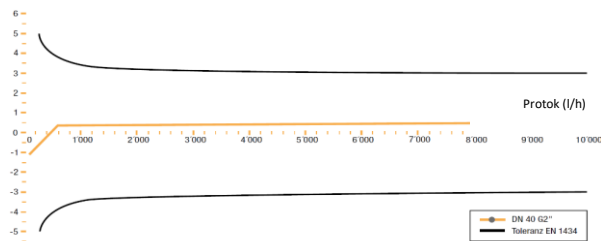
- Mjerenje elektromagnetskog protoka (EFM)
- Mjerenje protoka ultrazvukom
- Mjerenje protoka prema oscilirajućem principu mlaza

- Mehaničko mjerenje protoka s rotorom ili turbinskim kotačem

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 13** prikazuje pregled različitih metoda mjerenja



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 848** Metoda mehaničkog mjerenja protoka krivulje greške s rotorom.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 85** Metoda mjerenja protoka oscilirajuće krivulje greške (izvor: NeoVac Superstatic 440).

Metode mjerenja protoka EMF, ultrazvučni i oscilirajući mlaz imaju veću točnost mjerenja u usporedbi s mehaničkim metodama mjerenja protoka (rotor ili kotač turbine) (vidi Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 13**).

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 131** Pregled najvažnijih metoda mjerenja protoka.

Osobina	EFM1)	Ultrazvuk	Oscilirajuća zraka	Mehanički
Omjer q_p/q_i	100 - 150	100 - 150	25 - 100	25 - 100
Pad tlaka pri nominalnom protoku q_p u kPa	7 - 15	7 - 20	9 - 25	10 - 15
Točnost mjerenja	visok	visok	visok	Srednje jako
Osjetljivost točnosti mjerenja na kvalitetu vode	visok	mali do srednji ²⁾	malen	malen
Troškovi trošenja i habanja/usluge	nizak	nizak	nizak	visok
Osjetljivost točnosti mjerenja na polja električnih smetnji	visok	nizak	nizak	niska do umjerena ³⁾

¹⁾Elektromagnetski mjerač protoka

²⁾Kontaminacija odbojnih zrcala malih nazivnih promjera

³⁾s induktivnim generatorom impulsa

7.4.2 Zahtjevi za pojedinačne metode mjerenja protoka

U načelu se moraju poštivati upute za ugradnju dobavljača toplinskog brojlara i održavati potrebna kvaliteta vode.

Elektromagnetski mjerači protoka

- Voda ne smije sadržavati magnetit jer se to taloži na mjernim sondama i time znatno utječe na mjerenje (smanjenje izmjerene vrijednosti protoka). Magnetit nastaje tijekom oksidacije kisika vezanog u vodi s molekulama željeza zidova cijevi.
- U postojećim toplanama potrebna kvaliteta vode (bistra voda) može se postići separatorom mokrog mulja zajedno s uređajem za otplinjavanje.
- Za nove sustave voda u sustavu grijanja mora se od samog početka dovoljno otplinjavati tako da se sadržaj kisika u vodi smanji na nulu.

- Ako se pojave velike mjerne pogreške, preporuča se čišćenje unutarnjih stijenki mjerača protoka. Međutim, to ne eliminira uzrok problema (priljava voda).
- Kako bi se osigurala optimalna brzina protoka, mjerač topline mora biti ispravno konstruiran u kontrolnom rasponu minimalnog i maksimalnog protoka volumena (djelomično opterećenje i rad punog opterećenja).
- Budući da se na mjerne sonde primjenjuje vrlo nizak napon (nekoliko milivolta), mjerna metoda osjetljiva je na polja električnih smetnji. To je osobito slučaj s podijeljenim uređajima, gdje su senzor i odašiljač spojeni linijama osjetljivim na smetnje. To se može ublažiti pomoću kompaktnih odašiljača protoka.
- Preporučuje se korištenje samo zaštićenih i uvijenih kabela te izbjegavanje blizine jakih magnetskih polja od elektromotora ili frekvencijskih pretvarača.

Ultrazvučni mjerači protoka

- Onečišćenje reflektirajućih zrcala s malim nazivnim promjerima i uključcima plina u vodi može uzrokovati netočnosti mjerenja.

- Izbjegavanje ovih smetnji zahtijeva visoku kvalitetu vode, kao i dovoljno otplinjavanje vode koje sprječava taloženje na skretanju ogleдала.

Mjerači protoka s oscilirajućim snopom

- Oscilirajući mjerači protoka mlaza u osnovi su neosjetljivi na kontaminaciju, jer je za mjerenje potreban samo djelomičan protok s povećanom brzinom protoka.
- Za horizontalnu ugradnju mjerna glava mora biti montirana bočno (ne na dnu ili vrhu). Za vertikalnu ugradnju nisu potrebne posebne mjere.

Mehanički mjerači protoka

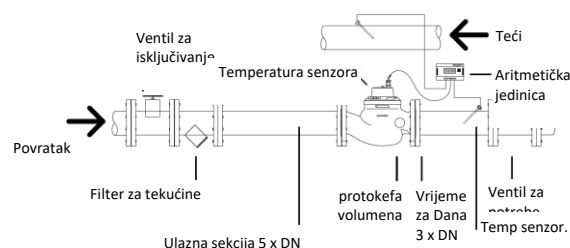
- Ugradnja filtra za prljavštinu uzvodno od ulaza vode mjerača protoka pomaže u izbjegavanju oštećenja ili začepljenja rotora ili kotača turbine.
- Redovitim pregledom osigurava se isključivanje mehaničkog trošenja i habanja kao izvora pogreške.
- Pažljivim dizajnom mora se osigurati da brzina radnog protoka ne padne ispod minimalne brzine protoka q_i ako je moguće ili samo u iznimnim slučajevima.

7.4.3 Ugradnja mjerača topline

Da bi se postigla točnost mjerenja potrebna za naplatu topline, moraju se poštivati sljedeće upute:

- Usklađenost s uputama za ugradnju dobavljača mjerača topline (ulazni dio, izlazni dio, horizontalni / vertikalni raspored instalacije, ugradnja senzora itd.).
- Ravne ulazne i izlazne udaljenosti variraju ovisno o nominalnoj veličini i tehnologiji. Na radnom listu AGFW FW 218 [73] ulazni dio od 5 x DN i izlazni dio od 3 x DN. Ti dijelovi za smirivanje (ulazni/izlazni dijelovi) ne smiju sadržavati ugrađene dijelove kao što su senzori, uranjajući rukavi, ventili, cjedila, zavoji cijevi, promjene poprečnog presjeka ili slično (vidi Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..86).
- Senzor temperature za povratni tok mora biti raspoređen u smjeru protoka nakon mjernog dijela volumena.
- Ako je moguće, mjerni dio volumena treba postaviti između dva uređaja za isključivanje. To olakšava radove održavanja i zamjenu brojila u skladu s ciklusom kalibracije.
- Projektiranje za temperaturnu razliku $> 20 \text{ K}$. Temperaturna razlika u radu najmanje 3 K, odnosno ugradnja mjerača topline u stalni krug kotla nije dopuštena.
- Ravnomjerna raspodjela temperature preko poprečnog presjeka cijevi ispred temperaturnih senzora (ako je potrebno, dodatna ugradnja statičke mješalice)
- Stabilne kontrolne petlje; oscilirajući regulatori (mala/velika temperaturna razlika ili čak pozitivna/negativna temperaturna razlika) mogu uzrokovati znatne pogreške u mjerenju.
- Sprječavanje neispravne cirkulacije (uključujući cirkulaciju s jednom cijevi), što može utjecati na mjerenje topline.

- Ako se mjerenje temperaturne razlike provodi na istoj razini kao i mjerenje protoka, poremećaji zbog neželjene pogrešne cirkulacije mogu se svesti na najmanju moguću mjeru (pogrešna cirkulacija se barem pravilno mjeri).
- Rad mjerača topline samo u dopuštenom rasponu protoka q_p do q_i
- Kompaktni mjerači topline su povoljni jer su smetnje utječu na kratki prijenos signala sa senzora na odašiljač i na kalkulator praktički isključene.
- Tehnički ispravno puštanje u rad mjerača topline i, ako je potrebno, sustavno traženje izvora smetnji stručnjaka
- Proširenje kabela senzora nije dopušteno. Mjerači topline, uključujući senzor, kalibriraju se i procjenjuju.
- Moraju se poštivati odgovarajući propisi za održavanje stabilnosti mjerenja (rekalibracija, kalibracija itd.).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..8610** Instalacijski mjerač topline (izvor: WDV-Molliné GmbH).

7.4.4 Utjecaj na autoritet ventila

Proizvođači mjerača topline navode takozvanu nominalnu brzinu protoka za svaki mjerač topline. Međutim, ako su mjerači topline stvarno dizajnirani za ovu nominalnu brzinu protoka, tlak pada od 20 do 25 kPa rezultat.

Ovi veliki padovi tlaka s obmanjujućom oznakom "nominalna brzina protoka" uvijek iznova dovode do pogrešnih tumačenja: Mjerač protoka često se ugrađuje u dio s promjenjivim protokom tako da je odgovarajuća temperaturna razlika što veća (najbolja točnost mjerenja). Međutim, to ima posljedicu - a to se često zaboravlja - da je time pod utjecajem upravljačkog ventila! To dovodi do sukoba ciljeva: S jedne strane, pad tlaka preko metra trebao bi biti što manji za pravilno upravljanje ventilom, s druge strane, mali pad tlaka također znači nižu točnost u nižem rasponu protoka. Možete dati sljedeće savjete:

- Ako su manji mjerači topline konstruirani tako da stvarni protok dizajna odgovara oko 50 % nazivnog protoka prema specifikacijama proizvođača, razumni pad tlaka od oko 5 kPa rezultirat će prihvatljivom točnošću.
- Uz različite vrste ventila koje se danas nude, uvijek se mogu naći prikladna rješenja. S magnetsko-induktivnim odašiljačima protoka i mjerenjem protoka pomoću ultrazvuka (moguće mjerenje protoka prema principu oscilirajućeg mlaza), mogu se ostvariti veći mjerači topline s padom niskog tlaka.

7.5 Skladištenje topline

7.5.1 Skladištenje topline u sustavu grijanja

Sustavi za loženje na drva ne mogu povećati ili smanjiti proizvodnju kotla pri bilo kojoj brzini; proces izgaranja drva i toplinska masa sustava za loženje to ograničavaju. Promjene izlaza u pravilu se mogu odvijati najviše u rasponu od 0,5 % do 1 % u minuti. Zadatak skladištenja topline u sustavu grijanja je nadoknaditi kratke i brze promjene u potražnji za energijom (vrhovi opterećenja, smanjenje opterećenja) potrošača topline, tako da sustav pečenja biomase može polako slijediti prosječnu potražnju za energijom (profil opterećenja). To je jedini način da se osiguraju niske razine emisija, niska trošenja sustava i niski troškovi održavanja, kao i dugi vijek trajanja sustava. Da bi sustav za skladištenje topline mogao ispuniti taj zadatak, moraju se ispuniti sljedeći zahtjevi:

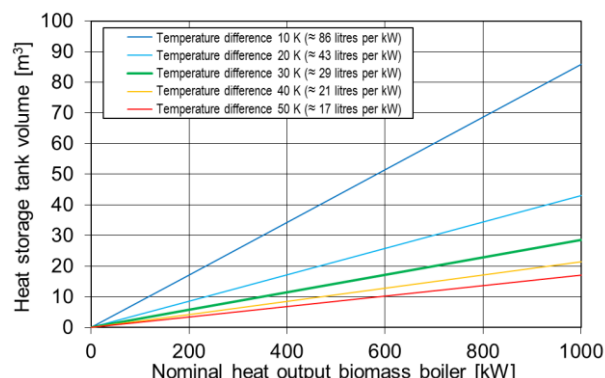
- Dovoljan volumen za pohranu topline
- Temperaturni senzori za određivanje statusa punjenja spremnika
- Optimalno temperaturno raslojavanje u spremniku
- Upravljanje punjenjem za pohranu topline

Volumen za pohranu

Za sustave koji se uglavnom koriste za proizvodnju grijanja prostora, spremnik topline trebao bi barem moći apsorbirati toplinu koja se oslobađa tijekom jednog sata pri nazivnom izlazu sustava izgaranja drva. Uzima se u obzir iskoristiva temperaturna razlika između razine temperature na vrhu i dnu spremnika topline (vidi Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..87**). Razina temperature na vrhu odgovara izlaznoj temperaturi kotla, razina temperature na dnu odgovara maksimalnoj temperaturi povrata potrošača topline u stanju dizajna u hladnom vremenu. U slučaju dvaju ili više kotlova na drva, najmanje dvije trećine zbroja nazivnih izlaza odabire se kao referentna vrijednost. Međutim, također se preporučuje da se zbroj nominalnih izlaza koristi kao referentna vrijednost za više kotlovskih sustava. Ako dođe do vrlo velikih i/ili brzih promjena opterećenja, na primjer zbog procesne topline, vrhova tople vode u sportskim objektima, uporabe stanica za slatku vodu, ventilacijskih sustava, staklenika itd., Potrebno je znatno povećati volumen skladištenja. Dodatne informacije mogu se pronaći i u poglavlju 13.5.5

Ako se potreban volumen spremnika ne može ostvariti u jednom spremniku zbog ograničenja u prostoru i visini prostorije, treba ga rasporediti na dva ili više spremnika. U pravilu se preporučuje hidraulički serijski rad spremnika, pod uvjetom da maksimalna brzina protoka u spremnicima ne prelazi 6 m/h do 10 m/h. Hidraulički paralelni rad spremnika zahtijeva vrlo pažljive cijevi prema Tichelmann principu, tako da sve cijevi do spremnika imaju potpuno isti pad tlaka. U praksi se to rijetko provodi ispravno. Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..88** prikazan je serijski raspored dvaju spremnika s preporučenim položajima

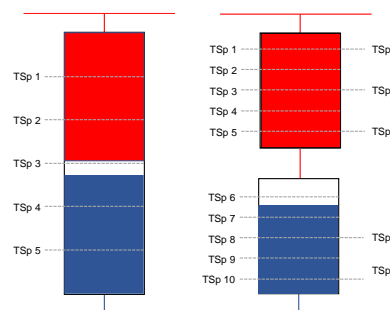
temperaturnih senzora. Priručnik o planiranju mreža centraliziranog grijanja [19] se opisuje u poglavlju 2.10.4 Vrste konstrukcija i načini rada spremnika topline.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..8711** Volumen pohrane topline u funkciji nazivne snage kotla i temperaturne razlike

Temperaturni senzori

Najmanje pet temperaturnih senzora treba ravnomjerno rasporediti po spremniku topline. Ako je moguće, za spremnike s visokim spremnikom treba koristiti 10 temperaturnih senzora. Uz njihovu pomoć određuje se stanje punjenja spremnika topline. Ako su temperaturni senzori raspoređeni po nekoliko spremnika, ako je moguće, treba koristiti najmanje pet temperaturnih senzora po spremniku i tumačiti ih upravljački sustav za izračunavanje stanja punjenja.



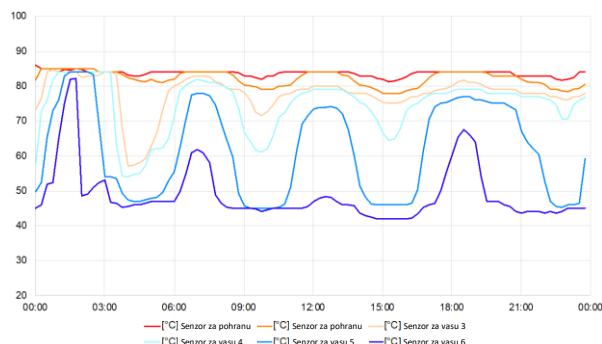
Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..8812** Preporučeni raspored pet temperaturnih senzora (TSp) za jedan spremnik (lijevo) i deset ili pet senzora temperature za dva spremnika u nizu (desno).

Temperaturna stratifikacija

Spremnik topline mora imati različitu temperaturnu stratifikaciju. To zahtijeva hidrauličko uravnoteženje protoka volumena generatora topline i uklanjanje topline u hladnom vremenu. Brzine protoka u spremniku topline trebaju biti što je moguće niže. Dotok i odljev vode ne bi smjeli pokrenuti nikakve procese miješanja u spremniku topline, što se može postići, na primjer, korištenjem perforiranih ploča u području priljeva/odljeva. Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..89** . prikazana je stratifikacija temperature u spremniku topline tijekom punjenja i pražnjenja. Karakteristika optimalnog stratifikacije temperature je da se temperaturni senzori ne mijenjaju u isto vrijeme, već jedan za drugim. Prilikom pražnjenja temperatura najnižeg senzora prvo pada. Prilikom punjenja temperatura najnižeg senzora posljednja raste.

Važno

Kako bi se održala temperaturna stratifikacija u spremniku, temperatura izlaza kotla mora biti konstantna, bez obzira na trenutni izlaz kotla i kada je kotao isključen i uključen. To zahtijeva regulaciju izlazne temperature kotla na stalnu vrijednost. To se postiže odgovarajućim podešavanjem ulazne temperature kotla prema željenoj izlaznoj kotlovnici. Podizanjem ulazne temperature kotla nakon isključivanja bojlera malo ispod temperature na izlazu kotla, to se može održavati konstantnim tijekom rada u mirovanju.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..8913** Trendovi temperature u spremniku topline tijekom punjenja i pražnjenja.

Upravljanje naplatom pohrane

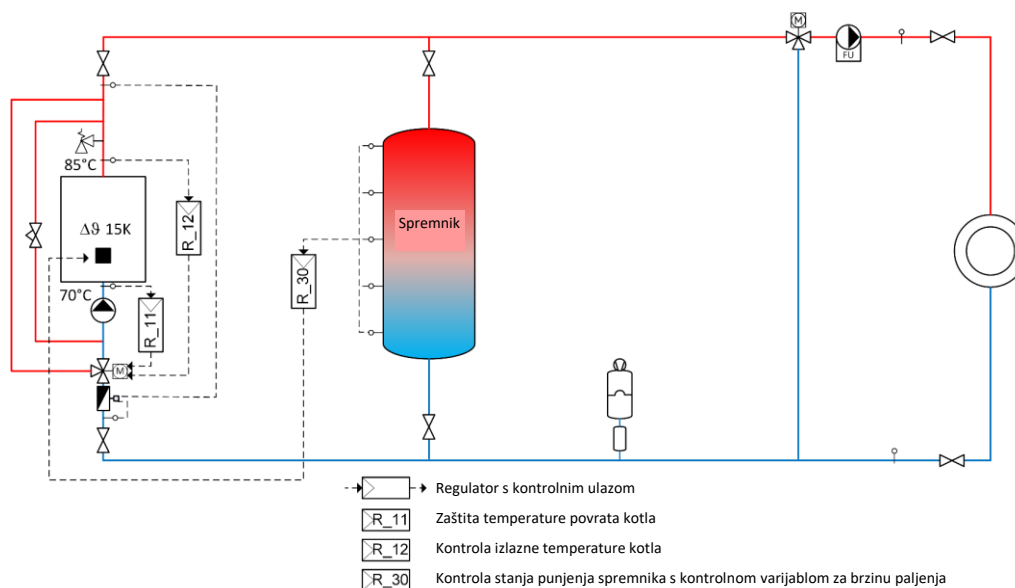
Spremnik topline pokazatelj je promjena u potražnji za energijom. Ako se potražnja za energijom u toplinskoj

mreži poveća u usporedbi s trenutnim izlazom kotla na biomasu, hladni sloj u spremniku polako se pomiče prema gore, uzrokujući smanjenje stanja punjenja spremnika. Da bi spremnik topline mogao nadoknaditi kratkoročno povećanje ili smanjenje potražnje za opterećenjem, mora biti vruće u gornjoj polovici i hladno u donjoj polovici. Stoga bi trebao imati stanje naplate od oko 50 %. PI kontroler uspoređuje stvarnu vrijednost i zadanu vrijednost stanja punjenja spremnika. Stanje punjenja kontrolira se sporim povećanjem ili smanjenjem izlaza plamenika drva (vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..90**). Kada se postigne ciljano stanje napunjenosti, izlaz kotla smanjuje se na minimalno opterećenje (npr. 30 %). Ako su istovremeno u pogonu dva plamenika drva, oba kotla dobivaju istu izlaznu specifikaciju iz upravljanja punjenjem spremnika.

Za optimalnu izlaznu specifikaciju kotlova na biomasu pomoću PI kontrolera potrebno je točna detekcija stanja punjenja spremnika.

Dodatne informacije mogu se pronaći u standardnim hidrauličkim shemama Dio I i Dio II (varijante kontrole stanja punjenja spremnika od 1 do 4).

Tijekom planiranja potrebno je pripremiti sveobuhvatan funkcionalni opis sustava, koji posebno sadrži i strategiju kontrole upravljanja punjenjem za skladištenje (vidi poglavlje 5.10.3.). To već mora biti jasno definirano u natječajima i ugovorima s projektantima i proizvođačima tko je odgovoran za definiranje i provedbu upravljanja naplatom skladištenja.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..90** Kontrola stanja napunjenosti spremnika s regulacijskom varijablom za brzinu paljenja kotla na biomasu.

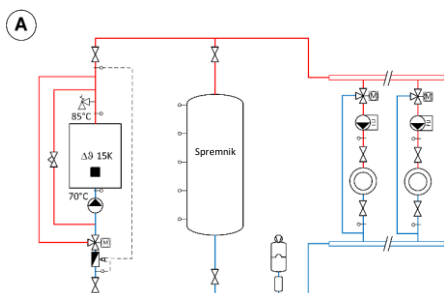
7.5.2 Hidraulička integracija spremnika topline

Za hidrauličku integraciju generatora topline, spremnika topline i niskotlačnih razlika između priključaka bez problema, oni bi trebali biti raspoređeni blizu jedan drugome određenim redoslijedom (krug A prema Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..91**). Problematična odstupanja od gore navedenog osnovnog zahtjeva opisana su u krugovima B - F s bilješkama otopine (vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..92** . do Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..96**).

Osnovni problemi koji nastaju kada su priključeni generator topline (kotao na biomasu, toplinska pumpa itd.), spremnik i priključak za nisku razliku tlaka (distributer, DH mreža prije kontrole itd.) Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..91**slici 7.15. na Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..96**

Krug A

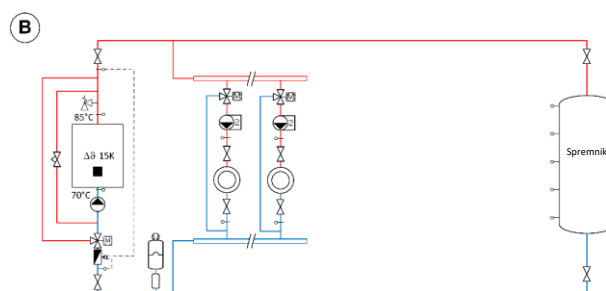
Ovaj krug je bez odstupanja jer je pad tlaka preko spremnika nizak. Proizvođač i potrošač hidraulički su savršeno razdvojeni (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..91**).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..91** Hidraulična integracija spremnika topline - krug A.

Krug B

Spremnik je instaliran daleko od generatora i razdjelnika topline (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..92**). Pad tlaka Δp preko kapilare, a spremnik uzrokuje neprihvatljivo visoku fluktuaciju razlike u tlaku priključka distributera niskog tlaka od $+\Delta p$ tijekom punjenja i $-\Delta p$ tijekom pražnjenja ako je cijev za spajanje spremnika predugačka. Pažljivim dizajnom upravljačkih ventila iskustvo pokazuje da se može tolerirati maksimalna fluktuacija razlike tlaka od oko 3 kPa.



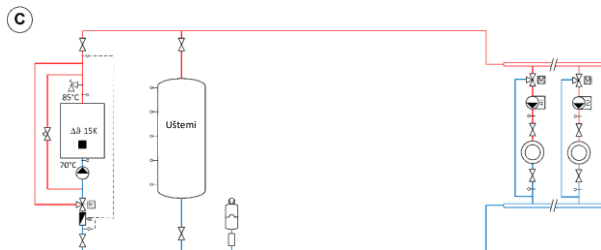
Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..92** Hidraulična integracija spremnika topline - krug B.

Krug C

Razdjelnik koji se nalazi daleko predstavlja poteškoće jer je ovdje razdjelnik niskog tlaka pod tlakom prema padu tlaka preko dugih spojnih cijevi i spremnika (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..93**). Barem ovdje, za razliku od kruga B, fluktuacija razlike tlaka veze javlja se samo u jednom smjeru.

Maksimalna razlika tlaka veze koja se može tolerirati može se odgovoriti na sljedeći način:

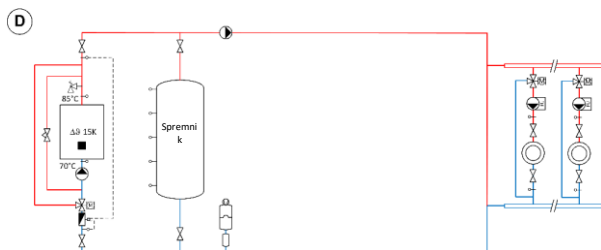
- Pad tlaka preko svakog upravljačkog ventila razdjelnika mora biti veći od razlike tlaka priključka (ovlaštenje ventila $\geq 0,5$); kod postojećih razdjelnika iskustvo pokazuje da je pad tlaka preko upravljačkih ventila rijetko veći od 3 do 5 kPa, stoga razlika tlaka veze također ne smije biti veća.
- Nadalje, pad tlaka preko dugih priključnih cijevi ne smije biti veći od 20 % isporuke najmanje grupne pumpe (sprečavanje smetnji između skupina kod razdjelnika).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..93** Hidraulična integracija spremnika topline - krug C.

Krug D

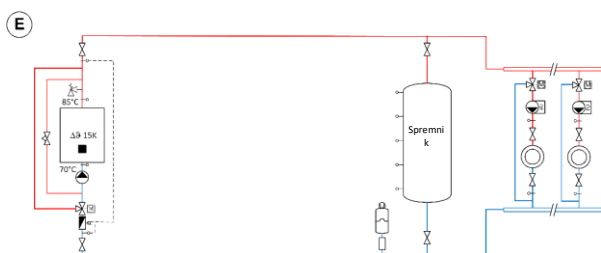
Kapilarna pumpa i prenosnica u razdjelniku nažalost nisu rješenje, jer to uzrokuje nedopušteno povećanje temperature povrata zbog miješanja (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..94**).).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..94** Hidraulična integracija spremnika topline - krug D.

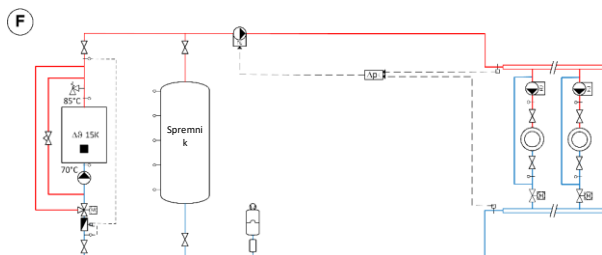
Krug E

Alternativno, spremnik se može instalirati što bliže razdjelniku; tada je razlika tlaka priključka distributera dovoljno mala (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..95**). Međutim, mora se paziti da se upravljački ventil kruga generatora topline ugradi što bliže generatoru topline i da je pad tlaka preko upravljačkog ventila barem jednako velik kao pad tlaka preko kapilare i spremnika (ovlaštenje ventila $\geq 0,5$).



Krug F

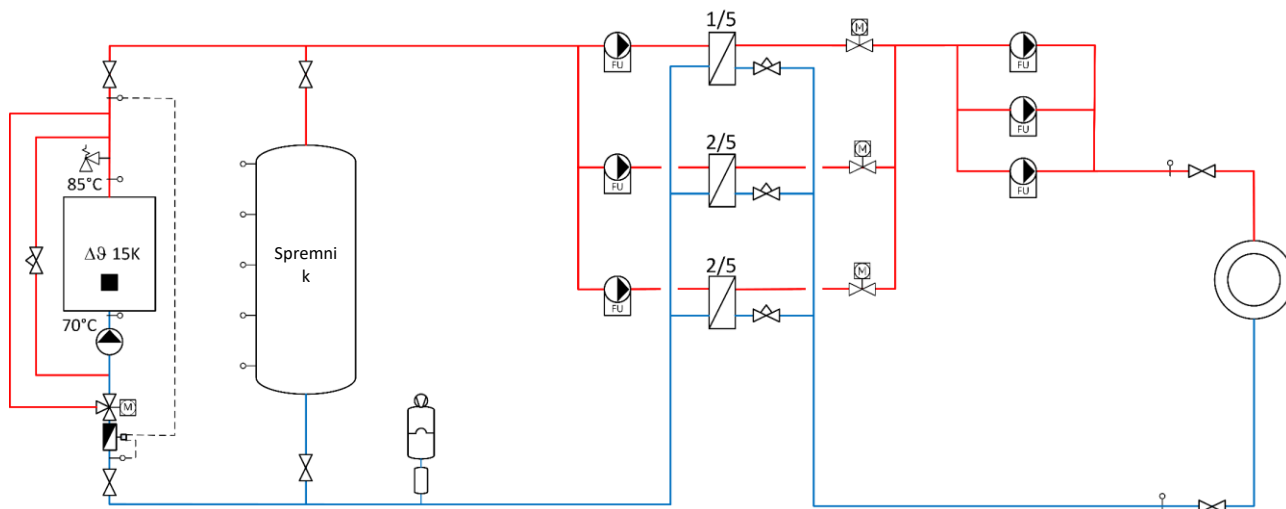
Rješenje koje uvijek radi je razdjelnik ubrizgavanja s prolaznim ventilima, spojen na kapilarnu pumpu s kontroliranom brzinom (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..96**). S kontrolne točke gledišta, najpovoljnije je ako se razlika tlaka mjeri što bliže razdjelniku, jer ta točka određuje autoritet ventila upravljačkih ventila. Izričito se ne preporučuje pokušaj kontrole razdjelnika niskog tlaka na $\Delta p = 0$. Nadalje, kontrola $\Delta p < 10$ kPa nije prikladna, jer je razlika tlaka u ovom rasponu već previsoka za distributera niskih razlika.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..96** Hidraulična integracija spremnika topline - krug F.

Dodatna varijanta hidrauličke integracije spremnika s mrežnim odvajanjem proizvodnje topline/mrežom daljinskog grijanja.

Odvajanje mreže između proizvodnje topline i toplinske mreže potrebno je ako se visoki tlakovi u mreži centraliziranog grijanja, uzrokovani velikim geodetskim razlikama u visini, ne mogu prenijeti na hidrauličku integraciju proizvodnje topline s skladištenjem (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog**



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..9721** Razdjelna mreža za proizvodnju topline/mreža daljinskog grijanja s tri izmjenjivača topline.

stila..97). Važno je napomenuti da je gradijent (temperaturna razlika) preko izmjenjivača topline između primarne povratne temperature proizvodnje topline i sekundarne povratne temperature mreže centraliziranog grijanja najviše < 5 K na svakoj radnoj točki. Cilj je održati gradijent < 3 K kako se kapacitet skladištenja ne bi smanjio povećanom temperaturom povrata primarne strane za proizvodnju topline.

Ako je protok volumena kroz izmjenjivač topline prenizak, gradijent se naglo povećava zbog snažno smanjenog ponašanja prijenosa topline kao posljedice rada u rasponu laminarnog protoka. Stoga se dodjela energije pojedinačnim izmjenjivačima topline mora provesti tako da se na svakoj radnoj točki osigura turbulentni protok kroz izmjenjivače topline koji su trenutno u pogonu.

Nadalje, u smislu tehnologije kontrole mora se osigurati da pri spajanju i od spajanju izmjenjivača topline s primarne strane (stvaranje topline) ne dođe do kratkoročnih vrhova opterećenja ili smanjenja opterećenja. To se, primjerice, postiže povećanjem dodatnog izmjenjivača topline na nominalni prijenosni kapacitet, dok izmjenjivač topline koji je već u pogonu i dalje radi paralelno pri nazivnom prijenosnom kapacitetu. Ako je kasnije ukupni prijenosni kapacitet previsok, smanjuje se prijenosni kapacitet oba izmjenjivača topline zajedno. Svi vrhovi opterećenja ili smanjenja opterećenja koja se dogode također bi morali biti nadoknađeni spremnikom. Prijenos topline između mreže centraliziranog grijanja i proizvodnje topline mora se provesti tako da krivulja opterećenja na primarnoj strani (proizvodnja topline) bude identična krivulji opterećenja na sekundarnoj strani (toplinska mreža).

7.6 Pitanja o hidraulici za proizvodnju topline

7.6.1 Kvaliteta vode

Pozornost se mora posvetiti kvaliteti vode kao medija za prijenos topline u hidrauličkom sustavu sustava grijanja i mreži grijanja iz sljedećih razloga:

- Sprječavanje korozije: Sadržaj kisika ne smije prelaziti graničnu vrijednost navedenu u direktivama i standardima. **Sustavnim otplinjavanjem vode za grijanje tijekom rada s odzračivačem**, sadržaj kisika obično se može smanjiti ispod granične vrijednosti bez kemijskih dodataka. Ako je sadržaj kisika previsok, pH vrijednost također pada ispod granične vrijednosti, a pojava čestica crnog magnetita ukazuje na korozijske procese.
- Sprječavanje kamenca: Ako je ukupna tvrdoća ili sadržaj kalcijevog karbonata iznad granične vrijednosti, na površinama izmjenjivača topline (kotlovske površine) generatora topline nastaje mjerilo. U slučaju stvaranja teških razmjera, to može uzrokovati lokalizirano pregrijavanje (vruća mjesta), jer ljestvica ometa prijenos topline ili protok tople vode. To može oštetiti konstrukciju izmjenjivača topline (konstrukcija kotla) kada dođe do stvaranja jakih razmjera.
- **Prvo punjenje i dopuna hidrauličkog sustava toplane i toplinske mreže mora se izvesti pročišćenom vodom** u skladu s nacionalnim smjernicama i normama te specifikacijama proizvođača kotlova.
- Godišnja **provjera kvalitete vode za grijanje**, u kojoj se sve granične vrijednosti provjeravaju u skladu s direktivama i standardima analizom vode, potrebna je kako bi se osigurala stalna visoka kvaliteta vode.

Zahtjevi za vodu kruga u osnovi se razlikuju ovisno o radnoj temperaturi. Razlikuje se *topla voda* $< 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ i *vruća voda* $> 110\text{ }^{\circ}\text{C}$. Za toplu vodu također se razlikuje rad s malo soli i s visokim udjelom soli. Također se mora uzeti u obzir veličina sustava, volumen vode, kao i vodilice i zahtjevi proizvođača komponenti (armature, upravljački ventili, izmjenjivači topline itd.).

Detaljnije informacije o kvaliteti i zahtjevima vode mogu se pronaći u Priručniku o planiranju mreža centraliziranog grijanja (vidi [19] stranica 93ff). Sveobuhvatan opis pruža i Uredba o AGFW-u FW 510 [74] ili smjernica SWKI-ja BT102-01 [75]. U osnovi, moraju se poštivati odgovarajući nacionalni standardi i smjernice o kvaliteti vode u sustavima grijanja i mrežama centraliziranog grijanja, kao i specifikacije proizvođača.

7.6.2 Sprečavanje nepravilne cirkulacije

Isključeni generatori topline (kotlovi na biomasu, kotlovi na ulje/plin itd.) hidraulički se odvajaju od ukupne proizvodnje topline kako bi se izbjegla neispravna cirkulacija, što održava odgovarajući generator topline na

radnoj temperaturi sprječavajući neželjene gubitke topline.

Potrebno je provesti sljedeće mjere:

- Kontrolirano zatvaranje trosmjernog upravljačkog ventila u krugu generatora topline.
- Ugradnja automatskih ventila za isključivanje u sekciju s promjenjivim protokom volumena kruga generatora topline.
- Sprječavanje cirkulacije jednovodnih cijevi pomoću prigušivača bez vraćanja.

8 Komponente distribucije topline postrojenja

8.1 Pregled

Poglavlje 8 daje uvid u osnove distribucije i prijenosa topline do kupaca za toplinske mreže. Obuhvaćene su sljedeće teme:

- Sustavi cijevi /cjevovodi
- Priključci
- Nadzor curenja
- Prijenos podataka i komunikacija
- Mrežna struktura
- Načini i situacije instalacije
- Kvaliteta vode
- Prijenos topline

Međutim, gore navedene teme ne obrađuju se detaljno. Za detaljnija razmatranja upućuje se na Priručnik o planiranju mreža centraliziranog grijanja [19] i Vodič za planiranje stanica za prijenos grijanja u okrugu [76]. Kao daljnja literatura, na primjer, može se preporučiti udžbenik Centralizirano grijanje i hlađenje [77] ili dokumenti relevantnih nacionalnih udruženja (kao što su AGFW ili VFS). Također se moraju poštivati zahtjevi za tvrtku i pojedine zemlje.

8.2 Sustav cijevi

U izgradnji lokalnih i centraliziranih mreža grijanja gotovo se isključivo koriste predizolirane cijevi položene u zemlju. Prethodno izolirane cijevi sastoje se od cijevi nosača u kojoj se provodi medij za prijenos topline, izolacijskog materijala koji smanjuje gubitak topline u okolišu i cijevi jakne koja štiti od mehaničkih oštećenja. Dodatni elementi kao što su podatkovni kabeli ili sustavi upozorenja na curenje obično su integrirani u izolaciju cijevi. Izbor sustava cijevi i odgovarajuća tehnika ugradnje ovisi o temperaturi i tlaku mreže, kao i o zahtjevima koji su u velikoj mjeri određeni uvjetima na gradilištu. To su:

- Servisi
- Okruženje/okolina
- Zgrade i/ili građevine
- Ceste
- Željezničke pruge
- Podvožnjaci
- Podzemna voda
- Sastav tla
- Populacija stabala

Prethodno izolirane krute čelične cijevi s čeličnom servisnom cijevi najčešće su instalirani cijevni sustav jer su standardizirane, robusne i jeftine. Fleksibilni sustavi cijevi kao što su predizolirane plastične cijevi i prethodno izolirane fleksibilne čelične cijevi koriste se uglavnom u području poddistribucije i priključaka kuća. Drugi mogući sustavi cijevi su čelični omotač i plastične cijevi ojačane staklenim vlaknima (vidi [19] stranica 68 ff.).

Za većinu sustava cijevi, **dvostruke verzije cijevi**, takozvane duo cijevi, također su dostupne u donjem rasponu nazivnog promjera. Za posebne primjene, čelična cijev jakne ili GRP cijev također mogu biti dizajnirani u dvostrukim ili višestrukim verzijama cijevi. Sustavi dvostrukih cijevi i više cijevi imaju sljedeće prednosti u odnosu na jednostruke sustave cijevi:

- Niski troškovi polaganja (manja širina rova)
- Niži specifični gubici topline
- Prepolovljen broj spojeva utičnica
- Prepolovljen broj bušenja temeljnih rupa i zidnih brtvi za ulaz u kuću.

Dvostruke cijevi s fleksibilnim čeličnim ili plastičnim cijevima posebno su pogodne za polaganje od kuće do kuće, jer se u zemlju ne moraju postavljati grane. Kada se koriste dvostruke cijevi s krutim čeličnim cijevima, moraju biti dostupne točne informacije o granama kako bi se mogli koristiti potrebni priključci. Naknadna ugradnja grane je od velikog napora. Usmjeravanje cijevi mora biti precizno iskopano, jer su krute čelične dvostruke cijevi vrlo krute. Krute čelične dvostruke cijevi idealne su za ravne transportne cjevovode bez grana i stalnog nagiba trase cjevovoda. U slučaju podzemnog guranja (osobito na velike udaljenosti), može se polagati dvostruka cijev malog promjera.

Pregled pojedinačnih sustava cijevi i njihov raspon primjene možete pronaći u Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**14.

8.3 Priključci

Priključci se ugrađuju kao zatvarači. Na taj se način prekid rada mreže može ograničiti u slučaju kasnijih proširenja mreže i mogućih popravaka. Osim toga, ventili se koriste za pražnjenje i ispuštanje cijevi. Ventili imaju sljedeće zahtjeve:

- Gubitak niskog tlaka
- Čvrsto zatvaranje u oba smjera
- Nepropusnost olova kućišta
- Slabo održavanje
- Zahtjev za malim prostorom
- Buka niskog protoka
- Zamjenjivost
- Izolacija (toplinska)
- Robustan materijal za kućište
- Funkcionalnost čak i uz rijetku upotrebu.

Pojedinačni zahtjevi utječu jedni na druge, stoga se najvažniji kriteriji moraju odrediti prema potrebi. Treba napomenuti da ventili za isključivanje nisu prikladni za kontrolne svrhe. U lokalnim i mrežama centraliziranog grijanja koriste se četiri osnovne vrste ventila vrata, globusni ventili, pijetlovi i leptir ventili, ovisno o nominalnoj veličini, temperaturi i uvjetima tlaka. Ventili se ugrađuju u cjevovod ili zavarivanjem ili prirubnicama.

Priručnik o planiranju mreža centraliziranog grijanja detaljnije se bavi priključcima (vidi [19] stranica 75 ff.).

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..141** Pregled cijevnih sustava[19]

Cijevni sustav	Opseg primjene				Dostupne duljine		Dizajn dvostruke cijevi do DN	Posebna značajka
	Maksimalna dopuštena radna temperatura	Kontinuirana radna temperatura	Nominalni tlak PN	DN nazivnog promjera	Šipke	Valjci		
	°C	°C	šipka	--	m	m	--	--
KMR	< 160	< 140	< 25	20 - 1,000	6/12/16*	--	DN 150	Najčešće korišten sustav cijevi zbog svoje standardizacije i robusnosti
MMR	< 180	< 160	< 25	20 - 150	12*	< 1000	DN 50	Relativno skupo; koristiti kada uvjeti instalacije to čine potrebnim
PMR	< 95	< 80	< 6	20 - 150	12*	< 780	DN 65	Relativno povoljno; ograničena otpornost na tlak i temperaturu (u nekim slučajevima masovno ograničenje očekivanog životnog vijeka ako se prekorači maksimalna dopuštena radna temperatura). Ispod 70°C kontinuirane radne temperature, međutim, očekivano trajanje života do 100 godina.
GRP	< 160	< 160	< 16	25 - 1,000	6*	--	--	Relativno skupo; samo za posebne zahtjeve otpornosti na koroziju
SMR	< 400	< 400	< 64	25 - 1,200	16*	--	**	Relativno skupo; samo ako to čine uvjeti tlaka, temperature ili instalacije.

KMR = Kruta čelična cijev (prethodno izolirana plastičnim kućištem i čeličnom cijevi za nošenje)

MMR = Fleksibilna cijev s plastičnim kućištem i čeličnom cijevi nosača (valovita ili glatka)

PMR = Fleksibilna cijev s plastičnim kućištem i plastičnom cijevi za nošenje (npr. PEX)

GRP = Kruta plastična cijev za kućište s plastičnom cijevi ojačanom staklenim vlaknima

SMR = Kruta čelična cijev s čeličnim kućištem i cijevi nosača čelika

* Standardna duljina/s, ostale duljine dostupne na zahtjev.

** Na zahtjev su moguće posebne verzije (npr. verzija s više cijevi)

8.4 Praćenje propuštanja

Mreže centraliziranog grijanja mogu biti dizajnirane sa ili bez opreme za praćenje curenja, ovisno o tehnologiji ugradnje i sustavu cijevi. Operativno iskustvo pokazalo je da kontinuirano praćenje sa središnjim otkrivanjem curenja povećava pouzdanost opskrbe mreže i na taj način može smanjiti vrijeme i ekonomski učinak štete. Iz tog razloga općenito se preporučuje sustav praćenja curenja. Mrežu centraliziranog grijanja treba kontinuirano pratiti na određenim mjernim točkama.

Praćenje propuštanja smatra se najsuvremenijim za plastične cijevi za kućište s čeličnim cijevima [78]. Za plastične srednje cijevi nadzor propuštanja obično nije dostupan kao standard. Za kanalizacijsku instalaciju smatra se dovoljnim vizualni pregled šahta; ako je potrebno, treba koristiti automatsku opremu za praćenje šahtova. Nadzemne cijevi obično rade bez nadzornih sustava.

Danas korišteni sustavi za praćenje propuštanja mjere ili električni otpor toplinske izolacije između dvije jezgre ili između jezgre i servisne cijevi (mjerenje tijekom rada

treba poduzeti na > 1 megohm). Ako postoji prodiranje vlage u toplinsku izolaciju ili indikator, otpornost se smanjuje. Korištenjem dvije jezgre može se formirati petlja za praćenje. Praćenjem ove petlje osigurava se praćenje cijelog kruga. Prilikom odabira sustava za praćenje propuštanja važno je osigurati da mjerni princip omogućuje rano otkrivanje oštećenja, na primjer prodora vlage u izolaciju zbog oštećenja vanjske jakne ili cijevi nosača, kao i njezina preciznog položaja, tako da se radovi na održavanju mogu obaviti odmah. Mjerenje propuštanja mora biti integrirano u tehnologiju upravljanja, vizualizaciju i kontinuirano bilježenje podataka.

Priručnik o planiranju mreža centraliziranog grijanja detaljno se bavi praćenjem propuštanja (vidi [19] stranica 73 ff.). Prikazana su tri različita sustava (Nordic, Brandes i sustav indikatora) uspoređeni na temelju različitih kriterija (senzorske žice, mjerna metoda, detekcija pogrešaka, prikaza odstupanja, mogućnost praćenja i duljina dijelova praćenja).

8.5 Prijenos podataka i komunikacija

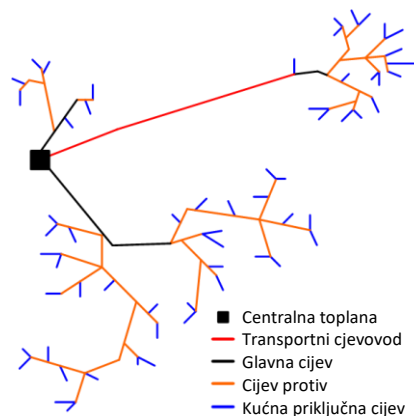
Prilikom izgradnje sustava centraliziranog grijanja, integracija sustava za praćenje podataka i propuštanja sada je najsuvremenija i trebala bi se provoditi svugdje, bez obzira na veličinu sustava. One omogućuju jednostavnu, sigurnu i učinkovitu naplatu, centralno bilježenje kvarova i mogućnost optimizacije sustava korisnika i otkrivanje nedostataka (npr. pomicanje primarne povratne temperature).

Najjednostavnije rješenje za manje sustave je kontrola ili reguliranje kupaca pojedinačnim kontrolerima. Za srednje i veće sustave trebalo bi razmotriti i centraliziranu opciju praćenja (npr. upravljački sustav ili daljinsko očitavanje). Kroz stalnu razmjenu podataka, procesi u cijeloj mreži centraliziranog grijanja su transparentni i moguće je daljinsko podešavanje svih parametara sustava svake pojedine prijenosne stanice. S bilo koje lokacije (npr. putem prijenosnog računala ili mobilnog telefona) korisnicima se može pružiti podrška u prilagodbi sustava. Bilježenjem pojedinačnih mjerača topline i prijenosom izmjerenih podataka na središnji uređaj više nije potrebno čitati mjerač na licu mjesta.

8.6 Mrežna struktura

Pojam mreža centraliziranog grijanja ili mreža za distribuciju topline odnosi se na vezu između proizvodnje topline i potrošača toplinske energije. Na izbor mrežne strukture, trase, sustava cijevi i načina ugradnje utječu brojni čimbenici. Odlučujući su ne samo struktura naselja, već i tehnički, geološki, ekonomski i sigurnosni aspekti, kao i arhitektonska i pravna pitanja. Slivno područje i veličina mreže za distribuciju topline obično nisu fiksirani od samog početka, već se razvijaju tijekom vremena.

Mreža za distribuciju topline obično se dijeli na glavne, granske i kućne priključne cijevi (vidi Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..98**). Glavna cijev odgovara prvoj cijevi iz centralne toplane. Osim toga, koristi se i pojam cijev ili, u slučaju velikih generatora topline koji se nalaze daleko od opskrbnih područja, pojam transportni cjevovod. Granske ili distribucijske cijevi izlaze iz glavnih cjevovoda i koriste se za distribuciju na pojedinačna opskrbna područja. Priključne cijevi kuće koriste se za spajanje kupca na glavnu ili granu cijevi.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..98** Mrežna struktura i vrste cijevi [19].

Mreže za distribuciju topline gotovo su isključivo **dizajnirane kao zatvoreni dvocijevni sustavi** (jedna dovodna i jedna povratna cijev). Povremeno su dizajnirani kao **trosvjesni ili četverokavni sustavi** s nekoliko dovodnih i povratnih vodova, koji, na primjer, rade na različitim razinama temperature.

Osim diferencijacije prema broju cijevi, na **strukturu toplinsko-distribucijske mreže** utječe i broj centralnih toplane, kao i broj i položaj pojedinih opskrbnih područja. Ovisno o situaciji i razvoju toplinske mreže, toplinska distribucijska mreža ima strukturu stabla, prstenastu vezu ili mrežu.

Za **podrazdiobu** i povezivanje potrošača topline napravljena je osnovna razlika između standardnog usmjeravanja, usmjeravanja od kuće do kuće i usmjeravanja s jednom petljom.

Mrežna struktura detaljno je opisana u Priručniku o planiranju mreža centraliziranog grijanja (vidi [19] stranica 71 ff.).

8.7 Načini i situacije instalacije

Polaganje cjevovoda u osnovi se provodi prema sljedećim **metodama**:

- Iznad zemlje na postoljima ili nosačima klatna
- Podzemlje u kanalima
- Podzemlje u rovovima
- Podzemlje s metodama bez rovova
- Posebni slučajevi (kuloari, mostovi itd.)

Metoda instalacije ovisi o različitim čimbenicima. Najvažniji su korišteni cijevni sustav i situacija na licu mjesta. Najčešće se susreću s **instalacijskim situacijama**:

- Asfaltirane (javna cestovna površina, urbana područja itd.) ili neasfaltirane površine (ruralna područja, obrađeno zemljište itd.).
- Terenske dionice s postojećom infrastrukturom (željezničke pruge, mostovi, vodotoci, autoceste itd.).
- Teren s postojećom infrastrukturom, kabelima ili cijevima (struja, plin ili voda)
- Naknadna veza s postojećim cijevima

Ovisno o situaciji, moraju se poštivati odgovarajući propisi, odobrenja, koncesije itd. Ne treba podcjenjivati dugoročni rad i sigurnost ugrađenog cjevovoda te se preporučuje analiza rizika tijekom planiranja

Građevinarstvo i izgradnja cjevovoda ne obrađuju se u ovom Priručniku za planiranje. Ovdje se upućuje na Priručnik o planiranju mreža centraliziranog grijanja, koji se detaljno bavi tim temama (vidi [19] stranica 73 ff.).

8.8 Kvaliteta vode u toplinskoj mreži

Kako bi se izbjegla oštećenja korozije, erozije ili prenaprezanja materijala u sustavima, cirkulirajuća voda u mreži za distribuciju topline mora zadovoljiti određene zahtjeve.

Detaljnije informacije o kvaliteti i zahtjevima vode mogu se pronaći u poglavlju 7.6.1u Priručniku o planiranju mreža centraliziranog grijanja (vidi [19] stranica 93 ff.). Sveobuhvatan opis daju i [74] i [75]. U osnovi, moraju se poštivati odgovarajući nacionalni standardi i smjernice u pogledu kvalitete vode u sustavima grijanja i mrežama centraliziranog grijanja te specifikacije proizvođača.

8.9 Prijenos topline

8.9.1 Povezivanje potrošača

Instalacija potrošača može se spojiti na mrežu centraliziranog grijanja na dva načina:

- Izravna veza bez međumjesnog izmjenjivača topline
- Neizravna veza sa srednjim izmjenjivačem topline

U slučaju **izravnog spajanja**, medij za prijenos topline iz mreže centraliziranog grijanja teče kroz instalaciju potrošača. Pri odabiru materijala moraju se uzeti u obzir kemijska svojstva medija za prijenos topline. Ako je mrežni tlak veći od dopuštenog tlaka instalacije potrošača, izravna veza mora biti izvršena smanjenjem tlaka i zaštitom. U načelu, tlak u povratnom toku mreže centraliziranog grijanja uvijek mora biti niži od dopuštenog tlaka u instalaciji potrošača. Maksimalna temperatura protoka u mreži centraliziranog grijanja određena je maksimalnom dopuštenom temperaturom protoka instalacije potrošača.

S **neizravnim spajanjem**, primarni medij za prijenos topline ne teče kroz instalaciju potrošača, već je hidraulički odvojen od sekundarnog medija za prijenos topline izmjenjivačem topline. Primarna strana mora biti projektirana i osigurana za maksimalne temperature i tlakove mreže centraliziranog grijanja, sekundarne strane za interne tlakove i temperature.

8.9.2 Zahtjevi za prijenos topline

Zahtjevi za izvođenje toplinskog priključka utvrđeni su u **Tehničkim zahtjevima za priključenje (TCR)** koji su dio ugovora o opskrbi toplinskom energijom. Oni služe kao specifikacije za tehničke zahtjeve u planiranju, provedbi i radu opskrbe toplinskom energijom. Cilj je TCR-a

postići minimalni tehnički standard, jamčiti kvalitetu opskrbe toplinskom energijom i spriječiti velike pogreške i nedostatke. Također se navodi je li priključak na mrežu centraliziranog grijanja napravljen izravnom ili neizravnom kućnom vezom.

TCR bi trebao biti kratak, sažet i jasan bez posebnog upućivanja na norme (koje se u načelu moraju poštovati). TCR bi također trebao pružiti realistične specifikacije s obzirom na povratnu temperaturu, gubitke tlaka, materijale itd. i prema potrebi navesti samo proizvode (npr. mjerače topline, ventile, kontrole itd.). U TCR-u bi trebalo dati jasne specifikacije sekundarnoj strani, kao što su nedopustivo grijanje tople vode ili hidraulički uređaji. Struktura TCR-a može biti sljedeća:

- Opće informacije
- Tehničke osnove
- Specifikacije opreme
- Integracija sekundarne strane
- Operativni zahtjevi
- Dodaci.

Daljnje napomene i detaljne informacije o sadržaju gore navedenog TCR-a nalaze se u Vodiču za planiranje stanica za prijenos centraliziranog grijanja [76] i u AGFW letku FW 515 Technische Anschlussbedingungen - Heizwasser (tehnički uvjeti priključka - grijanje vode) [79].

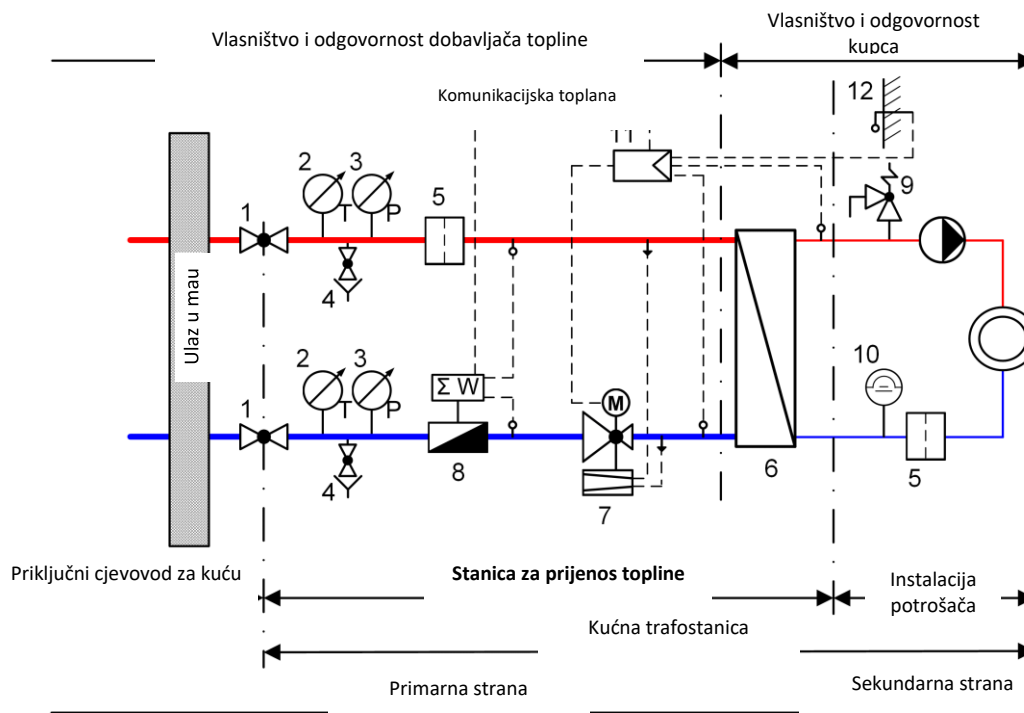
Kao **minimalni zahtjev**, stanica za prijenos centraliziranog grijanja trebala bi biti jednostavna za korištenje i omogućiti jednostavnu uslugu i održavanje te mora biti u skladu s tehničkim propisima o priključenju poduzeća za opskrbu toplinskom energijom, kao i s relevantnim standardima i smjernicama. U smjernicama za planiranje prijenosnih stanica daljinskog grijanja definirane su sljedeće minimalne komponente [76] (vidi Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..99**):

1. Zaporni ventili u dovodnim i povratnim vodovima
2. Vizualni prikaz temperature (termometra) u vodovima za opskrbu i vraćanje
3. Vizualni prikaz tlaka (manometar) u linijama za opskrbu i vraćanje
4. Odzračivanje u toku (gore) i pražnjenje u povratku (dnu)
5. Zamka za prljavštinu u protoku prije izmjenjivača topline (primarna strana) i zamka za prljavštinu u povratku prije ulaza izmjenjivača topline (sekundarna strana)
6. Izmjenjivač topline
7. Kombinirani ventil, uključujući pogon
8. Mjerač topline (mjerenje volumena i temperature, kalkulator, senzor temperature u protoku i povratku)
9. Sigurnosni ventil, opružni
10. Ekspanzijska posuda (održavanje tlaka)
11. Upravljačka jedinica za sekundarnu stranu temperature protoka

- Senzor temperature u protoku na sekundarnoj strani
- Senzor temperature u povratku s primarne strane
- Senzor temperature za vanjsku temperaturu (ako se kompenzira vremenskim uvjetima)
- Spajanje na kombinirani ventil

12. Vanjski senzor temperature.

Smjernice za planiranje stanica za prijenos centraliziranog grijanja [76] daju osnovne preporuke za projektiranje najvažnijih komponenti, postavljaju zahtjeve za sustav isporuke topline i grijanje tople vode u priključnom svojstvu (sekundarna strana) i opisuju postupak u planiranju i radu sustava.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..992** Minimalni zahtjevi za prijenosnu stanicu daljinskog grijanja [76]

9 Pepeo

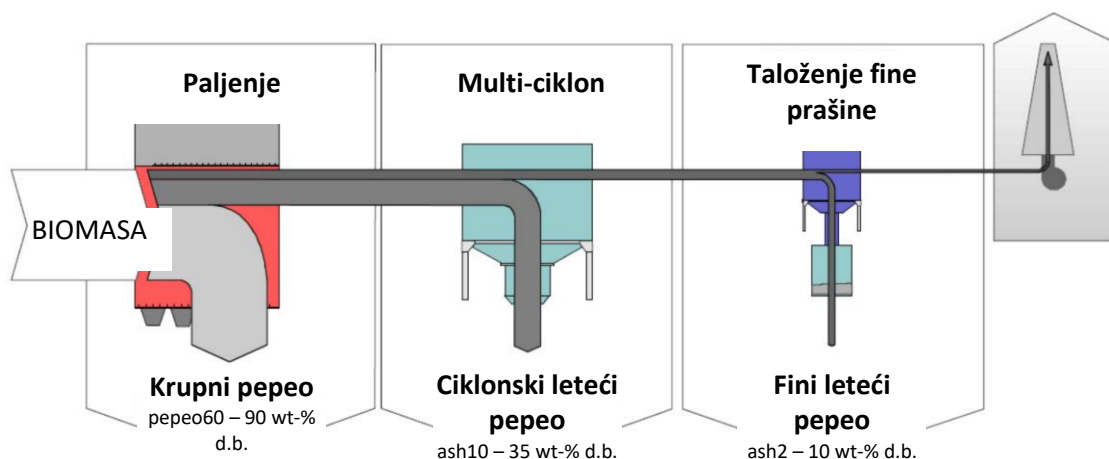
9.1 Akumulacija pepela

Kada se za proizvodnju energije koriste drvena goriva, drveni pepeo se proizvodi u različitim količinama i kvalitetama. On se mora zbrinuti ili reciklirati na ekološki prihvatljiv način kako bi se zaštitila voda i tlo. Što se tiče količine, drveni pepeo proizveden tijekom izgaranja drva je u redoslijedu od 0,5 do 8 posto težine unosa drva. Najniži postotak pepela nalazi se u peletima. Najbolja kvaliteta peleta (ENplus A1) ima najviše 0,7 posto pepela po težini. Pri korištenju drvnih goriva s visokim udjelom kore i iglica i mnogo nečistoća ili otpadnog drva, udio pepela može biti do 8 posto po težini. Kao smjernica može se pretpostaviti da godišnja akumulacija pepela po MW nominalnoj proizvodnji kotla iznosi oko 10 t/a do 20 t/a kada se koristi drvena sječka s kore i oko 8 t/a do 15 t/a kada se koristi drvena sječka bez kore [80].

Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..15. prikazuje godišnju proizvodnju pepela iz sustava na drva u Austriji, Njemačkoj i Švicarskoj. Zbog povećane uporabe drva kao izvora energije, te će se količine u budućnosti povećati.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..15** Proizvodnja pepela u tonama suhe tvari godišnje [t suha tvar/a] iz sustava na drva u Austriji (2017.), Njemačkoj (2015.) i Švicarskoj (2018.); izvori ([81], [82], [83]).

Zemlja i podrijetlo pepela	Akumulacija pepela tTS/a
Austrija ukupno	254.000
Njemačka ukupno	> 1.000.000
Švicarska ukupno od čega	72.000
: Postrojenja < 50 kW	18.000
Postrojenje s izgaranjem pepela na rešetki > 50 kW	41.000
Postrojenje – ciklonski leteći pepeo > 50k	9.000
Postrojenja za filtriranje pepela > 50 kW	4.000



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..100** Udjeli različitih frakcija pepela u težinskim postocima (suha baza) [81].

9.2 Frakcije pepela

Mjesto nakupljanja pepela

U većim automatskim sustavima za loženje drva pravi se razlika između sljedećih frakcija na temelju položaja nakupljanja pepela i veličine čestica (vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..100**)

- Grubi pepeo (kotao, pepeo)
- Ciklonski leteći pepeo (ciklonski pepeo, leteći pepeo, kotao)
- Fini leteći pepeo (filtarski pepeo).

Izgaranje pepela na rešetki

Udio krupnog pepela (u slučaju peći s fluidiziranim slojem, to se naziva sloj pepela) je između 60 i 90 posto ukupne težine proizvedenog pepela. Grubi pepeo proizvodi se u dijelu peći za izgaranje i pretežno je mineralni ostatak. Ovisno o vrsti goriva i stupnju kontaminacije, ova frakcija pepela često je mjestimice sa stranim materijalom kao što su pijesak, tlo i kamenje, koji povećavaju udio grubog pepela. U slučaju otpada i preostalog drva, značajna gruba frakcija pepela uglavnom je posljedica nečistoća u obliku čavala, šarki, ostataka cementa itd. Ovi nezapaljivi dijelovi također su uglavnom odvojeni kao donji pepeo. Nasuprot tome, hlapljive komponente kao što su teški metali i soli sve se više prenose u plinsku fazu i stoga se nakupljaju u

povećanim koncentracijama u ciklonu i finom pepelu. Kvaliteta izgaranja također ima veliki utjecaj na udio grubog pepela. Jedan od pokazatelja za to je sadržaj toca ("Ukupni organski ugljik") pepela. Visok sadržaj TOC-a znači veliku količinu ne izgorjelog materijala i stvara određene reciklažne putove (npr. industrija cementa) ili odlagališta. Za potonje se primjenjuju ograničenja toca za pojedine zemlje. Grubi pepeo također uključuje pepeo i naslage koje se nakupljaju u komori za izgaranje i kotlu tijekom periodičnog čišćenja postrojenja za izgaranje.

Nečistoće u gorivu (otpadno drvo) uzrokuju smanjenje temperature tališta pepela. To dovodi do troske i zgrušavanja na rešetki i stijenkama, kao i do previsokih temperatura u komori za izgaranje. Kada se ohladi, talog postaje staklast i teško se uklanja.

Ciklonski leteći pepeo

Između 10 i 35 posto težine pepela nakuplja se kao pepeo od letećeg ciklona. Sastoji se od čvrstih, pretežno anorganskih komponenti goriva koje se prenose u dimnim plinovima i nakupljaju u separatorima ciklona (separatori više ciklona, centrifugalni separatori) nizvodno od kotla. Veličina čestica pepela ciklonskog letećeg pepela dovoljno je velika da se još uvijek može odvojiti teškom ili centrifugalnom silom (vidi poglavlje 5.8).

Fini leteći pepeo

Fini leteći pepeo ima sadržaj od 2 do 10 posto i ima tako male veličine čestica da se ponaša kao tekućina i nosi se s protokom ispušnih plinova. Stoga se može odvojiti samo mehaničkim ili elektrostatičkim separatorima čestica (elektrostatički precipitatori, filtri tkanine) ili pročišćivačima, koji se ugrađuju nizvodno od kotla i separatora ciklona. Kod pročišćivača (kondenzacija dimnih plinova) filtarski pepeo se nakuplja kao kondenzacijski mulj.

9.3 Sastav pepela

Sastav pepela ovisi o vrsti korištenog goriva, kvaliteti izgaranja i mjestu gdje se razvija. Pepeo od neobrađenog drva sastoji se uglavnom od minerala, lužnatih metala i soli. Fosfor i kalij sadržani su u relevantnim količinama kao hranjive tvari (vidi Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**). Osim toga, postoje i brojne druge relevantne tvari kao što su kalcij i magnezij, kao i elementi u tragovima kao što su mangan i sumpor.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 2 Udjeli relevantnih hranjivih tvari u različitim frakcijama pepela iz izgaranja neobrađenog drva u postocima mase suhe tvari [84].

Hranjive tvari	Grubi pepeo ¹ [wt-%]	Ciklonski pepeo [wt-%]	Filtarski pepeo [wt-%]
Kalcij CaO	32 - 48	25 - 46	25 - 40

Magnezij MgO	5 - 7	3 - 5	3 - 4
Kalij K ₂ O	4 - 8	4 - 9	7 - 21
Fosfor P ₂ O ₅	2 - 5	2 - 5	2 - 4
Natrij Na ₂ O	<1	<1	1-2

Međutim, pepeo sadrži i relevantne onečišćujuće tvari kao što su teški metali arsen, olovo, kadmij, krom (kao ukupni krom ili krom III. i krom VI.), bakar, nikal, živa i cink (vidi

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 16). Nalaze se u posebno visokim koncentracijama u najfinijem pepelu i najviše su u otpadnom drvu. Ali i naribati pepeo od izgaranja neobrađenog drva sadrži teške metale. Stablo ih je apsorbiralo tijekom svog života kroz korijenje i nalaze se u koncentriranom obliku u pepelu. U slučaju otpadnog drva, teški metali potječu od armatura, boja, premaza i stranih tvari u gorivu. Pepeo iz mokrih elektrostatičkih taloga ima znatno veći sadržaj teških metala od sadržaja suhih elektrostatičkih taloga.

Krom-VI je jedan od najotrovnijih teških metala. To se apsorbira stablo iz tla kao krom-III i oksidira na krom-VI u toplinskom procesu kada se drvo spali. Ova oksidacija odvija se uglavnom neovisno o korištenom asortimanu drva i praktički nije pod utjecajem mjera izgaranja. Za razliku od kroma-III, krom-VI je vrlo topiv u vodi, vrlo toksičan i kancerogen. Iz tog razloga, pri rukovanju drvenim pepelom mora se paziti da se izbjegne stvaranje prašine i da se koristi odgovarajuća osobna zaštitna oprema.

Krom-VI ima tek manju ulogu u grubom pepelu iz postrojenja koje imaju sustav za uklanjanje vlažnog pepela, budući da je krom pretežno prisutan kao krom-III.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.** 9.2 Odlaganje drvenog pepela na odlagalište (izvor: Amstutz Holzenergie AG/Holzenergie Schweiz).

Pod određenim uvjetima, starenje pepela zajedno s dodatkom vode pretvara krom-VI natrag u krom-III.

Međutim, ovaj proces treba prostor i vrijeme i može se ubrzati dodavanjem redukcijskih sredstava kao što je željezo-II sulfat.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 16** Uobičajeni sadržaji teških metala u mg/kg suhe tvari pepela iz sagorijevanja različitih drvnih goriva i različitih frakcija pepela. Za fini elektrofilterski pepeo uzimao se u obzir samo pepeo iz suhih elektrofilterskih uređaja ([84], [85], [86]).

Teški metal	Prirodno drvo			Otpadno drvo			Otpadno drvo		
	Grubi pepeo	Ciklon leteći pepeo	Fini leteći pepeo	Grubi pepeo	Ciklon leteći pepeo	Fini leteći pepeo	Grubi pepeo	Ciklon leteći pepeo	Fini leteći pepeo
Antimon Sb	< 10	< 10	< 10	10 - 31	< 30	n.a.	10 - 790	n.a.	50 - 810
Arsen As	< 1	n.a.	< 15	n.a.	n.a.	59 - 140	13 - 41	< 60	20 - 290
Olovo Pb	2 - 45	10 - 70	33 - 266	6 - 350	180 – 1,182	n.a.	10 – 2,144	< 8.500	< 50.000
Kadmij Cd	1 - 6	21 - 36	3 - 81	3 - 30	16 - 30	n.a.	10 - 100	< 70	5 - 590
Krom Cr	12 - 325	127 - 189	101 - 332	72 - 747	78 - 212	n.a.	109 - 873	< 1.415	< 404
Krom Cr-VI.	3 - 14	n.a.	4 - 47	7 - 13	n.a.	42 - 66	3 - 66	n.a.	3 - 62
Bakar Cu	100 - 996	120 - 350	84 - 630	< 372	< 288	< 820	170 – 2,800	n.a.	< 422
Nikal Ni	42 - 80	10 - 79	28 - 99	Æ 113	Æ 61	n.a.	23 - 412	Æ 167	Æ 74
Živa Hg	< 0,05	< 0,1	< 3,5	< 0,5	< 0,7	n.a.	< 0,5	n.a.	< 1,0
Cink Zn	22 - 738	1,271 – 2,469	22 – 25,177	Æ 503	Æ 3.656	n.a.	1,234 - 22,000	Æ 15.667	Æ 164.000

Različiti sastav različitih frakcija pepela utječe ne samo na njihove mogućnosti recikliranja, već i na vrstu i troškove njihovog odlaganja. Različiti okvirni uvjeti primjenjuju se u različitim zemljama. "Današnji otpad je sutrašnja sirovina"! U cilju budućeg recikliranja stoga se preporučuje da se tri frakcije pepela prikupljaju odvojeno u novim, većim postrojenjima ili da se odrede odredbe za naknadno odvajanje pepela (vidi poglavlje 6.8).

Međutim, sadašnje i buduće mogućnosti korištenja uvelike ovise o kvaliteti pepela. Na to se može pozitivno utjecati tijekom rada postrojenja na sljedeći način [87]:

- Korištenje ispravnog goriva prilagođenog sustavu loženja
- Izbjegavanje nečistoća u gorivu
- Ispravno postavljanje parametara sustava izagranja (previše primarnog zraka dovodi do stvaranja šljake, premalo primarnog zraka povećava sadržaj neizgorenog goriva).
- Smanjenje temperature rešetke (vođeno hlađenje, recirkulacija primarnog ispušnog plina)
- Kontinuirani rad bez brzih promjena opterećenja
- Ispravno skladištenje u toplani.

9.4 Zbrinjavanje i recikliranje

Drveni pepeo se u osnovi može zbrinuti ili reciklirati. Sljedeće mogućnosti dostupne su za odlaganje ([81], [82], [88]):

- Odlaganje na odlagalište
- Zatrpavanje mina (također se može smatrati oblikom oporavka zbog učinka stabilizacije).

Za recikliranje su dostupne sljedeće mogućnosti:

- Industrijska uporaba (npr. kao agregat ili sirovina) za cement i beton
- Recikliranje u cestogradnji
- Upotreba kao poljoprivredno gnojivo
- Dodatak kompenzacijskom vapnenju u šumi
- Oporaba vrijednih tvari

Preduvjet za **industrijsku uporabu** u cementnoj industriji je da se dovoljne količine proizvode u dosljednoj, visokoj kvaliteti. Stoga se u tu svrhu mogu uzeti u obzir samo vrlo velika postrojenja za izgaranje. Važno je da se frakcije pepela skupljaju suhe i odvojeno. Strane čestice, nečistoće i visok udio neizgorenog materijala onemogućuju njihovo korištenje u cementnoj industriji. Manje zahtjevna u tom pogledu je iskorištenost

u proizvodnji nekih betonskih asortimana ("mršavi beton").

U principu, drveni pepeo može se koristiti kao osnovni materijal u **cestogradnji**, sve dok su lokacije izvan područja zaštite voda i hidro-geološki osjetljivih zona, kao i poplavnih ravnica. Pepeo se taloži ispod vodeno nepropusnog površinskog sloja asfalta ili betona i služi kao nevezani osnovni sloj (sloj za zaštitu od smrzavanja ili sloj šljunka), kao vezani osnovni sloj (hidraulički ili bituminozni) ili kao cestovni nasip (potkonstrukcija). Tijekom ugradnje i rukovanja potrebno je izbjegavati stvaranje prašine iz zdravstvenih i sigurnosnih razloga.

Zbog činjenice da drveni pepeo sadrži biljne hranjive tvari (vidi Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**) i stoga predstavlja gnojibena svojstva, izvrsno je prikladan kao poljoprivredno gnojivo. Zbog sadržaja teških metala u tu svrhu prikladan je samo grubi pepeo od izgaranja neobrađenog drva. U kombinaciji s organskim komponentama (kompost, proizvodi za fermentaciju) mogu se proizvesti organsko-mineralna gnojiva koja se također mogu koristiti u organskom uzgoju. U vrijeme klimatskih promjena posebno su važne kalij (K_2O) kao "element otporan na sušu" i vapno (CaO) kao osnovni zahtjev za apsorpciju i skladištenje vode. Uvjet za uporabu u poljoprivredi je strogo osiguranje kvalitete, kao što je oznaka kvalitete RAL u Njemačkoj. Upotreba poljoprivrednog gnojiva podliježe propisima za pojedine zemlje, koji se u nekim slučajevima znatno razlikuju jedan od drugoga (vidi poglavlje 19).

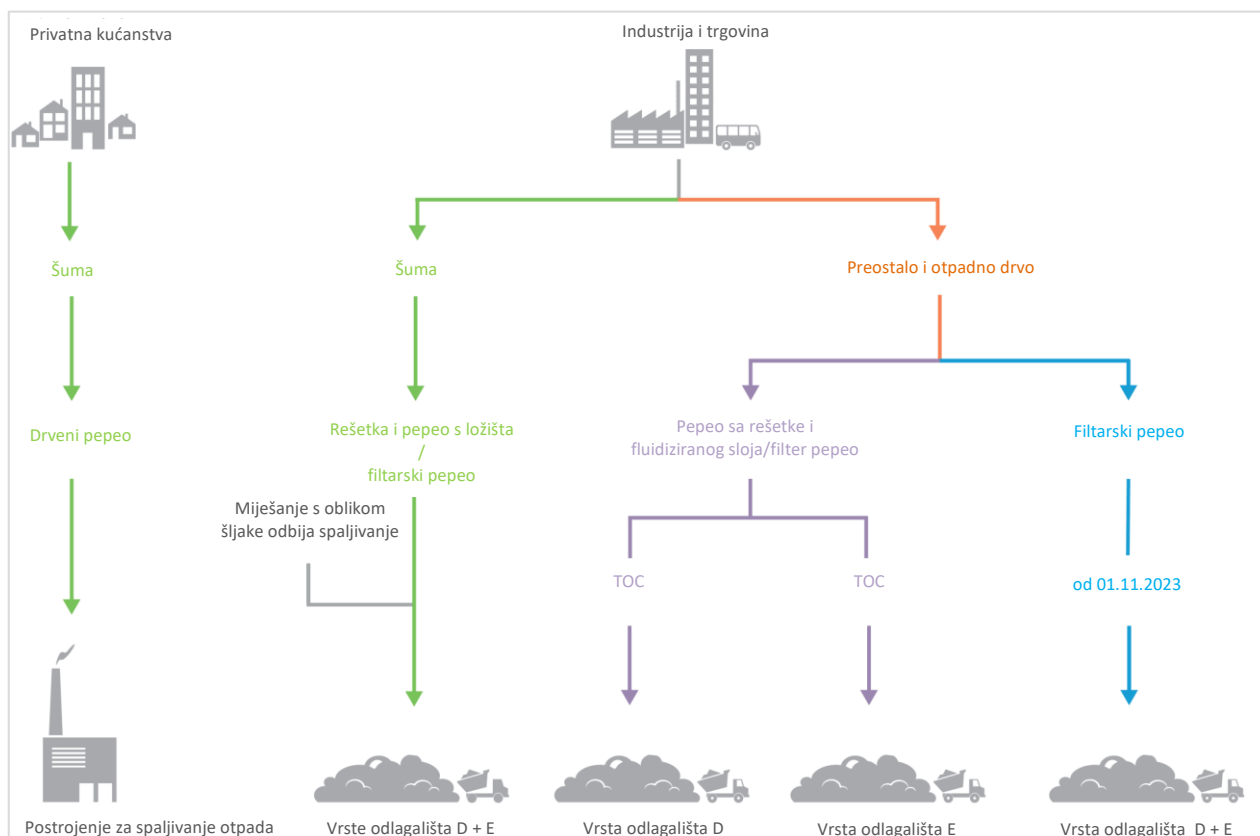
U Baden-Württembergu je nedavno **utvrđena uporaba drvnog pepela kao dodatka kompenzacijskom vapnenju u šumi**. Najveći udio pepela u smjesi ne smije prelaziti 30 %, 70 % je dolomitno vapno. U roku od 15 godina može se primijeniti najviše 2,5 tona pepela po hektaru. I ovdje je dopušten samo kvalitetno osiguran donji pepeo od izgaranja neobrađenog drva.

Kao i troska iz postrojenja za reciklažu otpada, drveni pepeo također će se u budućnosti koristiti za oporabu vrijednih tvari. Projekti su u tijeku u raznim zemljama (npr. uporaba cinika iz elektrofilterskog pepela iz peći na otpadna drva).

Putovi uporabe i odlaganja drvnog pepela uvelike ovise o nacionalnim zakonima, direktivama i propisima i ponekad su složeni. O situaciji u odabranim zemljama raspravlja se u nastavku. Navedeni propisi mogu se naći i u poglavlju 19.

9.4.1 Stanje u Švicarskoj

U Švicarskoj je trenutačno fokus na zbrinjavanju. Odgovarajućim Pravilnikom o otpadu [89] predviđeno je odlaganje drvnog pepela na odlagališta prema Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**101.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**102 Putevi odlaganja u Švicarskoj (TOC...ukupni organski ugljik, vrste odlagališta prema švicarskom pravilniku o otpadu)[89].

Drveni pepeo iz malih toplana treba zbrinuti u postrojenju za spaljivanje otpada. Rešetka, ciklon i filterski pepeo od spaljivanja šume i zaostalog drva u većim toplanama odlažu se na odlagališta tipa D i E. Pepeo od hrđe od spaljivanja otpadnog drva također se odlaže na odlagalištima tipa D i E. Budući da se troska od spaljivanja otpada koja sadrži velike količine slobodnog željeza također odlaže na ta dva odlagališta, krom-VI se brzo svodi na krom-III ako je dobro izmiješan. Na odlagalištu tipa D pepeo mora biti u skladu s maksimalnim ograničenjem toc od 20 000 mg/kg; na odlagalištu tipa E ograničenje toc iznosi 50 000 mg/kg. Prema Pravilniku o otpadu, filterski pepeo od spaljivanja otpadnog drva morat će se tretirati od 1. siječnja 2026. godine (oporaba teških metala).

Ta će se provedba detaljno regulirati u budućoj potpori za izvršenje "Ostaci spaljivanja, dio II., drveni pepeo" Saveznog ureda za okoliš (FOEN). Njime će se definirati i granica učinkovitosti iznad koje je potrebno zbrinjavanje na odlagalištima.

Recikliranje kao poljoprivredno i šumarsko gnojivo nije moguće zbog postojećih propisa. Industrijska upotreba tek se počinje odvijati. Jedan od razloga za to je relativno mali prosječni kapacitet švicarske flote postrojenja. Zbog toga se trenutačno ulažu napor i u uspostavu regionalnih sustava objedinjavanja.

9.4.2 Stanje u Njemačkoj

U Njemačkoj je Bundesgütegemeinschaft Holzasche e.V. (Savezno udruženje za kvalitetu drvenog pepela) započelo oko 2010. godine kako bi uspostavilo sustav osiguranja kvalitete grubog pepela iz neobrađenih drvnih goriva (broj oznake otpada 100101 u skladu s Pravilnikom o katalogu otpada [90]). Cilj je klasificirati drveni pepeo prema biljnim hranjivim tvarima kao što su fosfor, kalij i magnezij, kao i osnovne aktivne tvari i istovremeno se pridržavati granica onečišćujućih tvari, posebno za teške metale.

Osnova sustava osiguranja kvalitete je takozvani "Priručnik za upravljanje kvalitetom" drvenog pepela kao sirovine za gnojivo i kao gnojivo. Kvalificirani drveni pepeo dobiva oznaku kvalitete RAL "Gnojivo" (RAL-GZ 252) nakon uspješnog postupka priznavanja, a zatim trajno ostaje u postupku praćenja (vidjeti www.holzaschen.de).

Oznaku dodjeljuje Bundesgütegemeinschaft Holzasche e.V. kao neovisna institucija u okviru Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK). Osim pepela od neobrađenog drva, prikladne frakcije pepela iz drugih goriva iz biomase kao što je slama također mogu dobiti oznaku RAL-GZ 252 (www.kompost.de).

Cilj je osiguravanja kvalitete drvenog pepela provesti koncepte ekonomije recikliranja u okviru relevantnih odredaba zakona o otpadu (KrWG [91], BioAbfV [92], DepV [93]) i prava o gnojivima (DüMV [94], DüngG [95], DüV [96]). Drveni pepeo osiguran kvalitetom zamjenjuje mineralna gnojiva u konvencionalnoj i ekološkoj poljoprivredi, održava vapno u šumama i time doprinosi

održivom bio gospodarstvu koje čuva resurse. Otpad koji je predmet zbrinjavanja tako se pretvara u vrijedan proizvod. Ekonomski aspekti ovdje igraju odlučujuću ulogu. Dodatni troškovi osoblja i financijski troškovi osiguranja kvalitete nadoknađuju se prihodima za proizvedena gnojiva i uštedama u prethodnim metodama zbrinjavanja, npr. odlaganjem otpada na odlagališta. Vapneni radovi (mineralno gnojivo) i kompostane (organsko-mineralno gnojivo) koje imaju dozvolu u skladu sa Saveznim zakonom o kontroli emisija (BlmSchG) predodređene su za prihvaćanje, preradu i rafiniranje drvenog pepela.

Profesionalno odlaganje otpada na odlagališta i dalje je najčešći put zbrinjavanja u Njemačkoj za grubi pepeo iz biljaka s neobrađenim drvom (AVV 100101 prema Pravilniku o katalogu otpada [90]). To su u pravilu odlagališta klase DK II prema DepV-u za kontaminirani, ali neopasni mineralni otpad, čiji su operatori certificirana specijalizirana društva za gospodarenje otpadom. Prije nego što se pepeo preda ovlaštenom prijevoznikom poduzeću ili u slučaju izravne isporuke na odlagalište, proizvođač otpada uvijek mora dostaviti analizu deklaracije. To priprema specijalizirani laboratorij na temelju uzorka materijala uzetog profesionalnim uzorkovanjem na licu mjesta. Parametri koje treba odrediti, kao što su teški metali, otopljene krutine i svjetleći ostaci (najviše 5 %), regulirani su Pravilnikom o odlagalištima.

Filterske prašine iz biljaka s neobrađenim drvom (AVV 100103 prema Pravilniku o otpadu [90]), ako se radi o pepelu od ciklona, mogu se odložiti na površinska odlagališta u pojedinačnim slučajevima, ovisno o analizi materijala i odgovarajućem odobrenju odlagališta. To se ne odnosi na frakcije opasnog otpada označene znakom * u AVV-u (npr. AVV 100118 otpad iz obrade otpadnih plinova koji sadrži opasne tvari u skladu s Pravilnikom o katalogu otpada [90]). Takav fini pepeo od elektrostatičkih taloga ili filtera od tkanine sadrži znatno više onečišćujućih tvari i može se odlagati samo na podzemna odlagališta (DK IV), npr. u zatrpavanje mina. Lokacije nadzemnih odlagališta opasnog otpada DK III iznimno su rijetke u Njemačkoj. U Bavarskoj trenutno postoji samo jedan objekt na području Augsburga. Proizvođači otpada i prijevoznici opasnog otpada dužni su osigurati provjeru u skladu s Pravilnikom o evidenciji o uporabi i zbrinjavanju otpada (NachwV [97]).

Upotreba pepela iz postrojenja za izgaranje biomase u industriji cementa i građevinskog materijala ("beton od drvenog pepela") trenutno se testira na Sveučilištu u Stuttgartu, između ostalog. Važna pitanja su trajnost i čvrstoća betona, uvijek u skladu s relevantnim DIN standardima i kriterijima sukladnosti.

9.4.3 Stanje u Austriji

U Austriji se pepeo iz drva (biljaka) općenito smatra otpadom. Odredbe Pravilnika o odlagalištima iz 2008. godine odlučujuće su za odlaganje otpada na odlagališta. Pepeo od rešetke i pepeo od letećeg ciklona (nakon snižavanja pH vrijednosti) mogu se odložiti na

odlagališta neopasnog otpada (preostali otpad ili odlagalište rasutog otpada) ako je sadržaj teških metala ispod zakonskih ograničenja [98]. Ako se prekorače granice teških metala, odlaganje otpada dopušteno je samo na odlagalištima opasnog otpada (podzemno odlagalište). Trenutno se odlaže veliki dio drvenog pepela proizvedenog u Austriji. Ako su dostupne odgovarajuće mogućnosti, drveni pepeo također isporučuju poduzeća za odlaganje cementnoj industriji kao agregat, što smanjuje troškove odlaganja.

Korištenje drvenog pepela kao gnojiva na poljoprivrednom ili šumskom zemljištu moguće je pod određenim uvjetima. Međutim, korištenje drvenog pepela trenutačno nije izričito regulirano zakonskim odredbama u Austriji. Stoga se mora poštivati nekoliko zakona i uredbi:

- Zakon o gospodarenju otpadom iz 2002.
- Pravilnik o otpadu iz 2003.
- Pravilnik o ravnoteži otpada (obveza vođenja evidencije)
- Zakon o sanaciji kontaminiranih lokacija
- Pravilnik o kompostu
- Zakon o gnojivima
- Zakon o šumarstvu (širenje u šumi)
- Zakon o pravima na vodu
- Zabrane gnojiva u okviru zakona o očuvanju prirode saveznih država
- Zakoni o zaštiti tla nekih saveznih država

Koji se od ovih zakona i uredbi mora poštivati u pojedinačnim slučajevima ili se mogu primjenjivati drugi propisi koji nisu gore navedeni, mora se provjeriti u svakom pojedinom slučaju. U nastavku su prikazane neke opće primjenjive informacije o korištenju pepela [80].

U načelu, grubi pepeo i ciklonski leteći pepeo prikladni su za recikliranje kao gnojivo, pod uvjetom da su ispunjene odgovarajuće granične vrijednosti u pogledu sastava pepela. Mješavine tih frakcija pepela dopuštene su za uporabu samo ako se već pojavljuju kao smjesa, a sastav smjese u skladu je s graničnim vrijednostima. Filtarski pepeo (fini leteći pepeo) općenito nije prikladan zbog visokog sadržaja teških metala.

Uzorkovanje pepela obvezno je u redovitim razmacima u rasponu od svakih 10 godina do tri puta godišnje, ovisno o nominalnoj proizvodnji kotla i namjeni (poljoprivredna/šumarska). Na temelju analize pepela, drveni pepeo se klasificira po kvaliteti. Ovisno o postignutoj klasi kvalitete, drveni pepeo može se širiti na poljoprivredno i šumarsko zemljište bez daljnjih ispitivanja (klasa kvalitete A) ili samo uz dodatno ispitivanje tla. Zbog Pravilnika o bilanci otpada postoji obveza evidentirati količinu, podrijetlo i mjesto boravka pepela u obliku godišnjeg elektroničkog izvješća. Drveni pepeo koji se koristi kao gnojivo u poljoprivredi mora se uzeti u obzir u upravljanju poljoprivrednim gnojivima. Prilikom posipanja moraju se poštivati propisane minimalne udaljenosti od vodenih tijela.

Za dodatne informacije preporučuje se [80] u pregledu i [99] u dubini (uključujući dijagrame toka za praktičnu provedbu u pogledu potrebnih zahtjeva, evidencija itd.).

10 Ekonomska učinkovitost

10.1 Pitanja ekonomske učinkovitosti postrojenja za daljinsko grijanje na biomasu

Pri procjeni ekonomske učinkovitosti postrojenja za biomasu javljaju se različita pitanja. Najvažniji su:

- Kolići će biti troškovi proizvodnje topline?
- Kako se ekonomska učinkovitost toplane na drva uspoređuje s drugim energetske sustavima?
- Koje se cijene grijanja mogu ponuditi budućim kupcima?
- Koju tarifnu strukturu treba odabrati (naknada za spajanje/osnovna cijena/ cijena energije/naknada za brojilo)?
- Koji su najznačajniji ekonomski rizici?
- Kako bi se gospodarski razvoj i promjenjivi okvirni uvjeti (npr. cijene goriva, pad prodaje toplinske energije zbog toplinske obnove i klimatskih promjena, određivanje cijena CO₂, političko i društveno okruženje) trebali procijeniti tijekom radnog vremena postrojenja?

Odabir odgovarajuće metode za procjenu ekonomske učinkovitosti ovisi o pitanju i statusu projekta. U ranim fazama projekta (studija izvedivosti) dovoljna je procjena troškova ulaganja i proizvodnje topline na temelju iskustva i smjernica (vidi i poglavlje 3.2). Troškovi ulaganja za proizvodnju topline i distribuciju topline mogu se procijeniti u okviru studije izvedivosti pomoću dijagrama iz poglavlja 10.8. Kasnije se točnost troškovnih pozicija povećava konkretnim ponudama, a osjetljivost i gospodarski razvoj projekta razmatraju se tijekom trajanja projekta. Sljedeća poglavlja pokazuju koje su metode prikladne i koji se alati mogu koristiti za odgovor na gore navedena pitanja. Međutim, prvo, trebalo bi pojasniti kako se odgovornosti raspoređuju među sudionicima projekta u procjeni uspješnosti.

10.2 Odgovornosti

Glavna odgovornost za procjenu ekonomske učinkovitosti postrojenja za grijanje biomase leži na vlasniku zgrade. Planer u pravilu vlasniku zgrade pruža pouzdane podatke o ekonomskoj učinkovitosti toplane na drva:

- Potražnja za energijom i topline predviđenih kupaca topline
- Udio energije u predviđenom asortimanu goriva i informacije o mogućim očekivanim daljnjim troškovima (posebno važno za jeftine asortimane goriva).
- Troškovi ulaganja
- Troškovi održavanja i popravka
- Troškovi energije, koji se sastoje od troškova goriva i pomoćnih troškova energije (troškovi povezani s potražnjom ili potrošnjom).

Projektant mora biti u stanju savjetovati klijenta prilikom provođenja izračuna ekonomske učinkovitosti. Kao dodatni zadatak, projektant također može provesti izračun ekonomske učinkovitosti umjesto klijenta. U svakom slučaju, međutim, klijent mora odlučiti koje će se osnovne pretpostavke primjenjivati na izračun ekonomske učinkovitosti. To uključuje:

- Obračun kamatne stope
- Vijek trajanja biljnih komponenti
- Stopa inflacije (stopa povećanja cijena)
- Povećanje operativnih troškova
- Cijene energije: Za elektrane na biomasu DH to uključuje i izbor asortimana goriva i dobivenu cijenu goriva.
- Povećanje cijena energije
- Razvoj potražnje za toplinskom topline zbog brzine modernizacije ili širenja i densifikacije mreže grijanja.

Preporučljivo je dogovoriti se o ovim osnovnim pretpostavkama u pisanom obliku.

Ako se u planiranoj mreži grijanja moraju opskrbljivati različitim kupcima topline, odgovornosti između klijenta i planera dijele se na sljedeći način:

Vlasnik zgrade

- Uglavnom odgovoran za izračun profitabilnosti. Mora provjeriti i kritički propiti osnovne podatke potrebne za izračun
- Odgovoran za odlučivanje koje potencijalne kupce treba uzeti u obzir
- Odgovoran za odlučivanje o pretpostavljenom vremenu povezivanja (utječe na vrijeme nastalih troškova ulaganja i očekivanog prihoda)

Projektant

- Odgovoran za pouzdano određivanje potrebne potražnje za toplinskim kapacitetom, uključujući profil opterećenja i očekivanu godišnju potražnju za topline potencijalnih kupaca
- Odgovoran za utvrđivanje troškova ulaganja za povezivanje potencijalnih kupaca

10.3 Struktura troškova postrojenja za daljinsko grijanje na biomasu

Prema Smjernicama VDI-ja za 2067 [100], pri određivanju troškova tehničkih sustava zgrada uzimaju se u obzir sljedeće četiri skupine troškova:

- Kapitalni troškovi (uključujući popravak i obnovu/nadogradnju)
- Troškovi povezani s potrošnjom
- Operativni troškovi
- Ostali troškovi

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..17** prikazuje raspodjelu pojedinačnih vrsta troškova tim skupinama troškova za toplanu na drva.

Za pojedinačne vrste troškova troškovi se procjenjuju u izračunu ekonomske učinkovitosti na temelju smjernica, na primjer kao postotak iznosa ulaganja ili količine proizvedene topline. Mora biti jasno definirano koje su vrste troškova dodijeljene pojedinačnim grupama troškova. Prema VDI 2067 [100], održavanje znači provedbu mjera za očuvanje i ponovnu uspostavu ciljnog stanja i uključuje vrste troškova "popravak", "održavanje" i "inspekcija":

- **Popravak:** mjere za vraćanje ciljnog stanja.
- **Održavanje:** mjere za održavanje ciljnog stanja
- **Inspekcija:** Mjere za utvrđivanje i procjenu stvarnog stanja

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**17 daje pregled vrsta troškova i

pokazuje koje osnovne podatke treba koristiti za izračun. Djelomično se daju i vrijednosti smjernica. Oni se mogu koristiti za izračun ekonomske učinkovitosti prema metodi anuiteta, kao i za planiranu bilancu stanja i proračunski račun dobiti i gubitka. Projektant ne smije prihvatiti zadane standardne vrijednosti bez njihove provjere. Budući da posebni troškovi (npr. kao troškovi/MWh) djelomično ovise o veličini postrojenja i/ili broju radnih sati punog opterećenja, za svaki pojedinačni slučaj mora se provjeriti može li se upotrijebiti vrijednost smjernice i koliko je treba postaviti. Za Austriju ÖKL-Merkblatt 67 [101] izrađuje pojedinačne specifikacije. To su u osnovi minimalni zahtjevi koji se ne bi trebali podrezati.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**171 Skupine i vrste troškova toplane na drva. Osnovna načela i smjernice za određivanje godišnjih troškova. Treba napomenuti da su - u odstupanju od VDI 2067 [100] - troškovi održavanja uključeni u troškove osoblja. Brojke u zagradama () odnose se na ÖKL-Merkblatt 67 [101].

Grupa troškova	Vrsta troška	Osnova za utvrđivanje godišnjih troškova	Referentne vrijednosti
Kapitalni troškovi	Kapitalni troškovi komponenti dugotrajne imovine i strukturne imovine (ulaganja)	Investicijski iznosi biljnih komponenti, vijek trajanja, kamatna stopa	Vijek trajanja: vidjeti Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila. 18: kako je odredio razvojni programer ili institucije za financiranje (financiranje u skladu s [101])
	Troškovi održavanja (popravci prema VDI 2067 [100])	Investicijski iznosi biljnih komponenti, postotak iznosa ulaganja	Pogledajte Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila. 18
Troškovi povezani s potrošnjom	Troškovi goriva	Godišnja potrošnja i kalorijska vrijednost ili potrošnja goriva, cijena goriva	Efektivne cijene temeljene na ponudama (uz minimalnu cijenu 23 € po MWh sirove energije, na temelju kalorijske vrijednosti $H_{u,s}$ prema [101]).
	Pomoćna energija (električna energija) za proizvodnju i distribuciju topline	Postotak topline (proizvedene ili distribuirane) x cijena električne energije	za proizvodnju topline: 1 – 1,5 % proizvedene topline za grijaču mrežu: 0,5 - 1 % distribuirane količine topline (min. 1,5 % povezano s proizvedenom količinom topline; 2 % za sustave s kondenzacijom dimnih plinova ili električnim separatorom prema [101])
	Radni materijali za proizvodnju topline (npr. za postrojenja SNCR-a)	Cijena, potrošena količina	Procjena učinkovitih troškova
	Zbrinjavanje pepela	Unos goriva, sadržaj pepela, način zbrinjavanja	Procjena učinkovitih troškova (moguće uključenih u cijenu goriva)
Operativni troškovi	Troškovi osoblja (za rad, čišćenje, održavanje, inspekciju, bez administracije)	Postotak troškova ulaganja, proizvodnja topline	za 1,5 % troškova ulaganja za proizvodnju topline (najmanje 2,5 – 5 € po MWh topline proizvedene prema [101])
	Najamnine, najmovi, koncesijske naknade	ovisno o pojedinačnom slučaju	Procjena učinkovitih troškova
	Dimnjačar, pregled ispušnih plinova, mjerenje emisija	ovisno o pojedinačnom slučaju	Procjena učinkovitih troškova

Ostali troškovi	Osiguranje, porezi, opće naknade, administrativni troškovi	Postotak iznosa ulaganja	0,5 - 1,5 % ukupnih ulaganja
-----------------	--	--------------------------	------------------------------

Pretpostavljeni vijek trajanja za izračun profitabilnosti mora se odrediti zajedno s vlasnikom zgrade, a možda i s potencijalnim financijskim institucijama (bankama, agencijama za financiranje itd.). Prilikom određivanja korisnog vijeka trajanja treba napomenuti da ne mora nužno ovisiti o tehničkom vijeku trajanja. Na koristan život utječu i promjene u potrebama i tehnološkom razvoju. Osim toga, često se tijekom obnove istodobno zamjenjuje nekoliko građevinskih elemenata - bez obzira na to je li svaki element dosegao tehnički vijek trajanja.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 182 Vodič vrijednosti za vijek trajanja i troškove popravka

Nabava	Trajanje korištenja	Posebni troškovi održavanja
	Godine	%
Komponente postrojenja na biomasu (drvo)*	20	3.0
Komponente postrojenja za vršno opterećenje*	20	2.0
Hidraulika	20	2.0
Instalacije električnih i građevinskih usluga	20	2.0
Strukturni objekti i pristup	50	1.0
Glavna mreža (uključujući cjevovode i zemljane radove)	40	1.0
Stanica za prijenos topline	30	2.0
Vozila	15	3.0
Planiranje**	Prosječno	-
* uključujući regulaciju i kontrolu		
** Prosječni vijek trajanja za planiranje mora biti ponderiran troškovima planiranja za pojedinačne obrte ili se troškovi planiranja moraju dodijeliti pojedinačnim obrtima.		

VDI Smjernica 2067 [100] sadrži detaljnije i djelomično odstupajuće informacije o tablici Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 18. Za izračune prema VDI-u moraju se koristiti informacije iz VDI Smjernice 2067.

10.4 Izračun ekonomske učinkovitosti

10.4.1 Uvod

U izračunu ekonomske učinkovitosti određuju se troškovi proizvodnje i distribucije topline, troškovi ulaganja i troškovi rada i održavanja. U usporedbi varijanti mogu se usporediti različiti sustavi grijanja ili varijante dizajna u smislu njihovih troškova. Izračun ekonomske učinkovitosti također je osnova za određivanje cijena i određivanje cijena prodaje toplinske topline.

Za usporedbu varijanti, troškove proizvodnje topline svake varijante treba odrediti uz troškove ulaganja. Usporedba troškova proizvodnje topline omogućuje potpunu usporedbu troškova tijekom korisnog vijeka trajanja sustava. Izračun troškova proizvodnje topline prema metodi anuiteta često se koristi u praksi i opisan je u poglavlju 10.4.2.

Kako bi se mogao procijeniti gospodarski razvoj mreže grijanja, troškovi i prinosi trebali bi se izračunavati tijekom nekoliko godina. U tu svrhu vrlo je prikladna metoda neto sadašnje vrijednosti (NPV metoda) s kojom se može izračunati efektivna (unutarnja) kamatna stopa (IRR) ulaganja. Alat za ekonomsku učinkovitost QM-a za postrojenja za biomasu temelji se na internoj stopi metode povrata (vidi poglavlje 10.7).

Za analizu energetskih sustava, koji obično imaju dugi vijek trajanja i gdje su stoga važna povećanja cijena i druge buduće promjene ulaznih podataka, preporučuje se uporaba **dinamičkih metoda izračuna**. U tim metodama promjene koje se očekuju u razmatranom razdoblju procjenjuju se ili određuju pomoću statističkih srednjih vrijednosti kako bi se mogli predvidjeti godišnji troškovi za cijeli vijek trajanja sustava. **Statičke metode izračuna**, s druge strane, uzimaju u obzir samo uvjete kakvi postoje u vrijeme analize profitabilnosti. S razdobljima promatranja od obično najmanje 15 godina, to može rezultirati značajnim odstupanjima od dinamičkih metoda. U mnogim slučajevima mogu se napraviti pojednostavljene pretpostavke za dinamičke metode, tako da se za izračun ekonomske učinkovitosti mogu koristiti jednostavne formule zbroja, a napor izračuna stoga nije znatno veći nego za statičke metode.

Najvažnije metode dinamičkog izračuna su

- Metoda neto sadašnje vrijednosti
- Metoda anuiteta
- Metoda neto sadašnje vrijednosti.

10.4.2 Izračun troškova proizvodnje topline metodom anuiteta

Metoda anuiteta obično se koristi za izračun troškova proizvodnje topline. To je detaljno opisano u VDI Vodiču 2067 [100]. Metodom anuiteta utvrđuju se prosječni godišnji troškovi nastali u razmatranom razdoblju. Godišnji troškovi sastoje se od kapitalnih, operativnih i energetskih troškova. U kapitalnim troškovima ($I \cdot a$), kamate se plaćaju na ulaganje tijekom njegovog vijeka trajanja (vijek trajanja postrojenja) i otplaćuju. Operativni troškovi sastoje se od troškova održavanja i osoblja. Troškovi energije proizlaze iz očekivane potrošnje energije, uključujući pomoćnu energiju po izvoru energije. Godišnji operativni i energetski troškovi A dodaju se kapitalnim troškovima, uzimajući u obzir njihov mogući razvoj ($d \cdot a$).

Budući da stavke troškova relevantne za troškove proizvodnje toplinske energije uvelike ovise o državi/regiji, lokaciji, općim uvjetima, načinu izgradnje, strukturama plaća, cijenama energije, sučeljima itd., namjerno se izostavlja navođenje smjernica. Usporedba troškova proizvodnje topline s drugim rješenjima u kontekstu usporedbe varijanti često je korisnija.

Izračun **godišnjih troškova K**:

$$K = I \cdot a + A \cdot d \cdot a$$

- K Godišnji troškovi [EUR/a; CHF/a]
- I Troškovi ulaganja (po komponentama postrojenja) [EUR; CHF]
- A Godišnji operativni troškovi [EUR/a; CHF/a] sastoji se od:
 - Troškovi održavanja i popravka
 - Troškovi energije (goriva i pomoćna energija)
 - Ostali troškovi
- a Faktor anuiteta [-], izračunat iz:

$$\text{für } i = 0 : a = \frac{1}{n} \quad \text{für } i > 0 : a = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$
- i Obračun kamatne stope [%]
- n Razdoblje promatranja [a] (vijek trajanja)
- d Sadašnja vrijednost ili faktor popusta [-] izračunat iz:

$$d = \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$
- e Godišnje povećanje cijena [%]

Vijek trajanja i troškovi popravka mogu se odrediti prema Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.** 23. Međutim, pretpostavljeni vijek trajanja mogu odrediti i vlasnik zgrade, kreditna institucija (banka) ili moguća agencija za financiranje.

U mnogim slučajevima moguća su sljedeća pojednostavljenja u usporedbi s metodom detaljno opisanom u VDI 2067:

- Ulaganja se događaju tek na početku razmatranog razdoblja.

- Razmatrano razdoblje odgovara vijeku trajanja ulaganja. To znači da se zamjene ne moraju izvršiti u razmatranom razdoblju i da na kraju razmatranog razdoblja ne postoje preostale vrijednosti.

Ako vijek trajanja ne odgovara razmatranom razdoblju, to se mora uzeti u obzir na sljedeći način:

- Ako je vijek trajanja kraći od razmatranog razdoblja, u skladu s tim mora se uzeti u obzir zamjensko ulaganje (dodati sadašnju vrijednost početnom ulaganju).
- Ako kraj korisnog vijeka trajanja još nije postignut na kraju razmatranog razdoblja, ulaganje I. smanjuje se za sadašnju vrijednost preostale vrijednosti.

Dijeljenje godišnjih troškova s planiranom prosječnom korisnom toplinom koja se generira godišnje donosi **troškove proizvodnje topline k**:

$$k = \frac{K}{Q_{\text{use}}}$$

k Troškovi proizvodnje topline [EUR/MWh; CHF/MWh]

K Godišnji troškovi [EUR/a; CHF/a]

Q_{use} Korisna topline koja se generira godišnje [MWh/a]
(u kombiniranim mrežama grijanja troškovi proizvodnje topline mogu se odnositi i na prodanu toplinu)

Izračun troškova proizvodnje toplinske energije u skladu s metodom anuiteta uključen je, na primjer, u alat za izračun ekonomske profitabilnosti (vidjeti poglavlje 10.7.) ili softver otvorenog koda Sophena [102]. Osim toga, mnogi planeri razvili su alate u programima proračunskih tablica za izračun ekonomske učinkovitosti na temelju metode anuiteta.

U praksi se metoda anuiteta često pojednostavljuje korištenjem trenutne kamatne stope za bankovne kredite kao obračunske kamatne stope i ne uzimajući u obzir povećanje cijena (inflaciju). Dakle, metoda anuiteta postaje statičko razmatranje koje ne uzima u obzir buduće promjene. To može dovesti do znatnih pogrešaka u sustavima s različitim troškovnim strukturama. Međutim, ako su dionice vrsta troškova povezanih s kapitalom slične i može se pretpostaviti jednako visoko povećanje cijena za sve vrste troškova povezanih s potrošnjom i poslovanjem tijekom cijelog razdoblja korištenja, u okviru preliminarne studije dovoljan je sustav usporedbe s trenutačnom kamatnom stopom i bez povećanja cijena.

Samo taj postupak obično nije dovoljan za procjenu može li se odabranim sustavom, a time i projektom koji je pred njime, upravljati na ekonomičan način. Kako bi se procijenila gospodarska situacija tijekom životnog vijeka sustava, uvijek treba pripremiti poslovni plan za sustav s mrežom grijanja i razmotriti gospodarski razvoj tijekom nekoliko godina (vidi poglavlja 10.6. i 10.7.).

10.4.3 Metoda neto sadašnje vrijednosti (NPV) i interna stopa povrata (IRR)

Metodom anuiteta opisanom u poglavlju 10.4.2 izračunavaju se prosječni troškovi tijekom trajanja projekta. Budući da ulaganja u postrojenja za biomasu DH obično imaju dug vijek trajanja i isplaćuju se samo tijekom nekoliko godina, ima smisla procijeniti gospodarski razvoj tijekom dužeg vremenskog razdoblja. U tu je svrhu vrlo prikladna metoda neto sadašnje vrijednosti (NPV), koja se također može koristiti za izračun efektivne (unutarnje) stope povrata (IRR) ulaganja. Alat za profitabilnost prikazan u poglavlju 10.7 koristi ove metode.

Interna stopa povrata je prosječni prinos na uloženi kapital tijekom korisnog vijeka trajanja. Izračun uzima u obzir fluktuirajući prihod (plaćanja od kupaca) i troškove (troškovi energije, održavanje) i određuje prosječni godišnji prinos. Tražena kamatna stopa je ona po kojoj je neto sadašnja vrijednost nula u trenutku izračuna [103].

$$I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{e_t - a_t}{(1+i)^t} + \frac{L_n}{(1+i)^n}$$

- t Indeks vremena, pri čemu je $t = 1, 2, \dots, n$
- n Vijek trajanja ulaganja u godinama
- i Diskontna stopa (obračunska kamatna stopa)
- I_0 Isplate u vezi s nabavom investicijskog objekta, npr. kupovna cijena stroja
- a_t Plaćanja tijekom vijeka trajanja dopijevaju na kraju odgovarajućeg vremenskog razdoblja t , kao što su plaćanja goriva, plaća, održavanja i popravka
- e_t Plaćanja primljena tijekom korisnog vijeka trajanja, koja dopijevaju na kraju odgovarajućeg vremenskog razdoblja t , kao što su prihodi od prodaje energije
- L_n Likvidnost se nastavlja na kraju korisnog vijeka trajanja

Da bi se odredila unutarnja kamatna stopa, gornja jednadžba mora se riješiti prema i . Za investicijske projekte s više od dva razdoblja korištenja to rezultira znatnim matematičkim poteškoćama, tako da se moraju koristiti približna rješenja. Postupak je sljedeći [103]:

- Određuje se obračunska kamatna stopa i po kojoj je izračunata vrijednost kapitala što bliže nuli, ali je i dalje pozitivna.
- Određuje se druga obračunska kamatna stopa i po kojoj je izračunata kapitalna vrijednost također što bliže nuli, ali rezultira negativnom vrijednošću.
- S utvrđene dvije vrijednosti, kamatna stopa po kojoj vrijednost kapitala postaje samo nula izračunava se interpolacijom.

Moderni programi proračunskih tablica kao što je Excel imaju funkcije koje pojednostavljuju te izračune.

Ako je obračunata interna kamatna stopa ulaganja veća od obračunske kamatne stope, ulaganje se smatra ekonomskim i obrnuto.

10.4.4 Usporedba varijanti

Kako bi se utvrdili troškovi proizvodnje topline u toplani na drva, može se primijeniti postupak opisan u poglavlju 10.4.2. Potrebno je razlikovati jesu li troškovi proizvodnje topline prve godine rada (povećanje cijena nije relevantno) ili prosječni troškovi proizvodnje topline tijekom razmatranog razdoblja (nominalni pristup). Samo nominalnim pristupom osigurava se da se prosječni troškovi proizvodnje topline određuju što je točnije moguće tijekom razmatranog razdoblja.

Kada se uspoređuju varijante toplane na drva, metoda izračuna opisana u nastavku može se koristiti sa stvarnim pristupom. To je mnogo lakše provesti od nominalne metode.

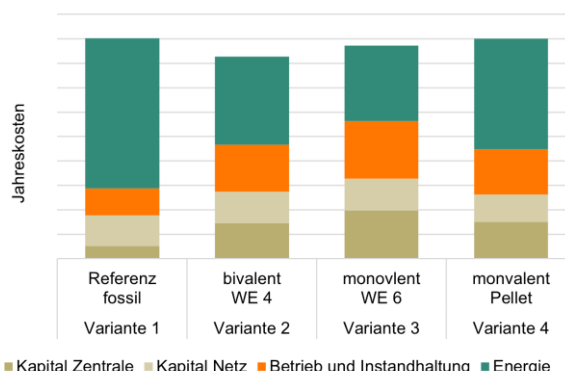
S tim razmatranjem ispravno se odražavaju odnosi uspoređenih varijanti proizvodnje topline. Međutim, treba napomenuti da izračunani troškovi proizvodnje topline mogu odstupati od stvarnih troškova zbog pojednostavnjenja u izračunu.

Stoga se pretpostavlja da će zamjena imovine na kraju njihovog korisnog vijeka trajanja biti po istoj cijeni u realnim vrijednostima kao i izvorno ulaganje.

Realna kamatna stopa predstavlja kamatnu stopu koja premašuje opću stopu inflacije i približno je razlika između kamatne stope i stope inflacije.

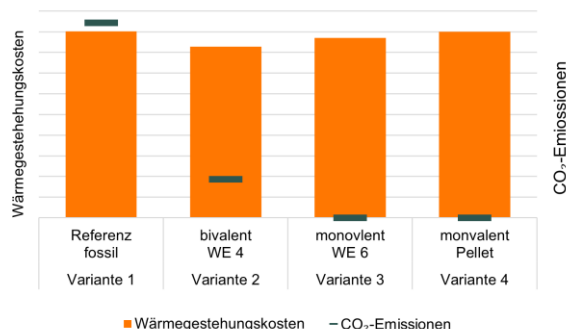
Primjer: Ako je nominalna kamatna stopa 3% s općom stopom inflacije od 1%, realna kamatna stopa iznosi 2%. U Švicarskoj je dugoročna prosječna realna kamatna stopa između 1 i 3%.

Ako se pri usporedbi troškova proizvodnje topline različitih sustava grijanja ne uzme u obzir inflacija, kao obračunska kamatna stopa mora se koristiti realna kamatna stopa.



Legenda: Lijevo: Godišnji troškovi; Stupac 1 – Reference fosilnih goriva Varijanta 1; Stupac 2 – Bivalent WE 4 Varijanta 2; Stupac 3 – Monovalent WE 6 Varijanta 3; Stupac 4 – Monovalentni sustav na pelete varijanta 4.

Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1021** Rasčlamba godišnjih troškova na kapitalne troškove, troškove održavanja i energije.



Legenda: Lijevo: Troškovi proizvodnje topline, Desno: CO2 emisije; Stupac 1 – Reference fosilnih goriva Varijanta 1; Stupac 2 - Bivalent WE 4 Varijanta 2; Stupac 3 - Monovalent WE 6 Varijanta 3; Stupac 4 – Monovalentni sustav na pelete varijanta 4.

Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 103** Primjerna usporedba troškova proizvodnje topline i emisija CO₂.

10.4.5 Analiza osjetljivosti

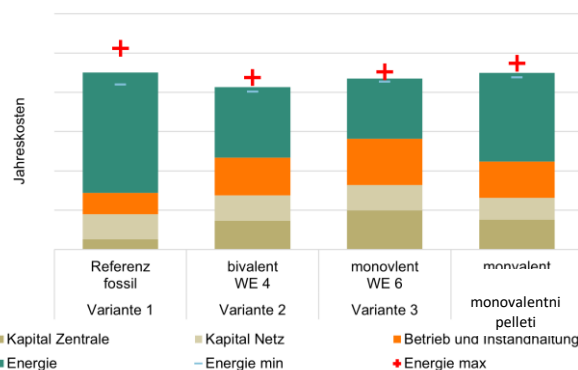
Analizom osjetljivosti može se prikazati utjecaj fluktuacija pojedinih ulaznih parametara na rezultate usporedbe varijante i odgovoriti na sljedeća pitanja:

- Koje ulazne varijable imaju posebno snažan utjecaj na vrijednost varijable rezultata?
- Unutar kojih granica mogu varirati vrijednosti ulaznih varijabli bez ugrožavanja uspjeha tvrtke?

Na primjer, mogu se izračunati učinci prekoračenja troškova na troškove ulaganja, smanjenu prodaju topline ili utjecaj fluktuirajućih cijena energije, pristojbi i poreza na cijenu proizvodnje topline.

Na Legenda: Lijevo: Godišnji troškovi, Stupac 1 – Reference fosilnih goriva Varijanta 1 (Investicija u postrojenje i energija); Stupac 2 - Bivalent WE 4 Varijanta 2 (Investicija u toplovod, miks energenata); Stupac 3 - Monovalent WE 6 Varijanta 3 ; Stupac 4 – Monovalentni sustav na pelete varijanta 4 (Rad i održavanje, Troškovi ulaganja max)

Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 104** . unose se različiti čimbenici za različite troškove energije. Fosilni izvori energije i električna energija ocjenjuju se kritičnima, a njihova volatilnost uzima se u obzir s - 10 %/+ 20 %. Volatilnost biomase, s druge strane, pretpostavlja se da je niža (- 5 %/+ 10 %). Stoga se može vidjeti da se zbog stabilnijih troškova energije godišnji troškovi obnovljivih generatora topline razlikuju mnogo manje od troškova fosilnih izvora energije.

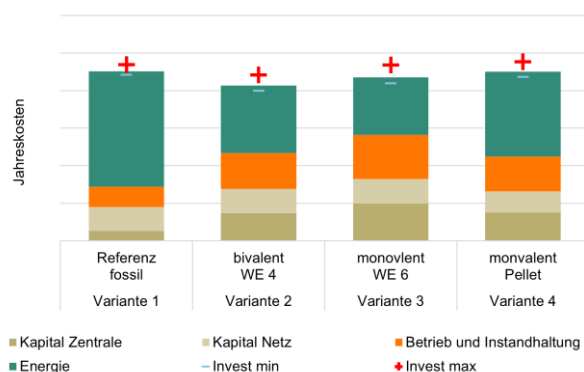


Legenda: Lijevo: Godišnji troškovi, Stupac 1 – Reference fosilnih goriva Varijanta 1 (Investicija u postrojenje i energija); Stupac 2 - Bivalent WE 4 Varijanta 2 (Investicija u toplovod, miks energenata); Stupac 3 - Monovalent WE 6 Varijanta 3; Stupac 4 – Monovalentni sustav na pelete varijanta 4 (Rad i održavanje, Troškovi ulaganja max)

Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 104** Višegodišnji troškovi s usporedbom osjetljivosti "cijene energije".

Legenda: Lijevo: Godišnji troškovi, Stupac 1 – Reference fosilnih goriva Varijanta 1 (Investicija u postrojenje i energija); Stupac 2 - Bivalent WE 4 Varijanta 2 (Investicija u toplovod, miks energenata); Stupac 3 - Monovalent WE 6 Varijanta 3 ; Stupac 4 – Monovalentni sustav na pelete varijanta 4 (Rad i održavanje, Troškovi ulaganja max)

Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 105** . prikazana je analiza osjetljivosti (+ 20 %/ - 10 %) na temelju troškova ulaganja. Zbog znatno većih ulaganja obnovljivih varijanti, kapitalni troškovi znatno se razlikuju više nego u osnovnoj varijanti.



Legenda: Lijevo: Godišnji troškovi, Stupac 1 – Reference fosilnih goriva Varijanta 1 (Investicija u postrojenje i energija); Stupac 2 - Bivalent WE 4 Varijanta 2 (Investicija u toplovod, miks energenata); Stupac 3 - Monovalent WE 6 Varijanta 3 ; Stupac 4 – Monovalentni

sustav na pelete varijanta 4 (Rad i održavanje, Troškovi ulaganja max)

Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 105
Višegodišnji troškovi s usporedbom osjetljivosti "troškovi ulaganja".

10.5 Tarifna struktura prodaje toplinske energije

Troškovi navedeni u poglavlju **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.** moraju biti uključeni u tarifnu strukturu za prodaju toplinske energije. Ima smisla podijeliti troškove na troškove ovisne o potrošnji i troškove neovisne o potrošnji. Ulaganja, kao i troškovi održavanja i servisiranja uglavnom su neovisni o prodaji topline. Troškovi kupnje goriva i troškovi električne energije za pomoćnu energiju ovise o proizvedenoj energiji i stoga su troškovi povezani s potrošnjom.

Tarifna struktura za centralizirano grijanje često se sastoji od tri ili četiri komponente:

- **Jednokratna naknada za povezivanje:** Udio troškova ulaganja kupca za izgradnju i priključak kuće. Plaćanje se vrši jednom, obično nakon završetka kućne veze.
- **Godišnja** osnovna cijena po kW upisanog kapaciteta: Fiksni troškovi neovisni o potrošnji naplaćuju se osnovnom cijenom. Ovisno o naknadi za povezivanje, dio troškova ulaganja mora se naplatiti i kao kapitalni troškovi putem osnovne cijene.
- **Cijena energije:** Troškovi energije za isporučenu toplinu, naplaćeni na kalibriranom mjerачu topline kupca. Osim troškova goriva, u cijenu energije uključeni su i troškovi pomoćnih gubitaka u distribuciji energije i topline, kao i ostali troškovi ovisni o potrošnji.
- **Naknada za brojilo:** Osim toga, tarifna struktura može uključivati i punjenje brojila koje pokriva troškove mjerne opreme i njezino održavanje/kalibraciju. Udio naknade za brojilo u ukupnom iznosu tarife je mali.

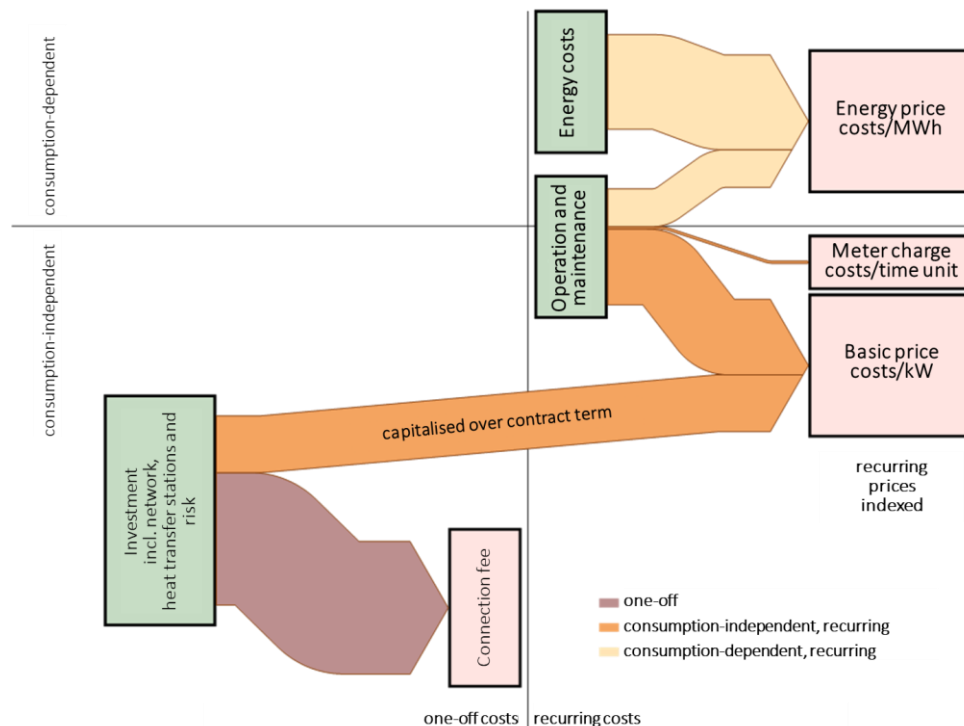
Ponavljajuće cijene (osnovna cijena i cijena energije) često se indeksiraju i periodično prilagođavaju (npr. godišnje). Ovisno o zemlji i regiji, ovdje su dostupni različiti indeksi cijena, koji pokrivaju, na primjer, razvoj

cijena potrošačkih cijena, cijene energije (lož ulje, plin, električna energija, cijena energije ili drva za ogrjevu), troškove osoblja ili izgradnje. Na primjer, cijena rada može se indeksirati indeksiranjem cijene energije ili goriva i osnovnom cijenom s općim indeksom potrošačkih cijena.

Klauzule o promjeni cijena trebale bi biti sastavljene tako da se na odgovarajući način uzmu u obzir i razvoj troškova za proizvodnju i opskrbu toplinskom energijom od strane društva i odgovarajući uvjeti na tržištu toplinske energije. Moraju prikazati relevantne čimbenike izračuna u potpunosti i u općenito razumljivom obliku [104].

Tarifna struktura, način određivanja pojedinih komponenti cijena i prilagodba indeksa cijena moraju se u cijelosti i detaljno navesti u ugovoru o opskrbi toplinskom energijom ili primjenjivom dodatku (npr. tarifni list). U slučaju indeksiranih cijena, uz osnovnu cijenu, naziv, referentnu godinu i izvore indeksa (-ova), potrebno je navesti graničnu vrijednost pri kojoj prilagodbe stupaju na snagu i formule za izračun. Moraju se poštivati svi zakoni, propisi i smjernice u vezi s osmišljavanjem cijena i ugovora o opskrbi energijom i obračunu energije. Za pravno siguran dizajn ugovora o opskrbi toplinskom energijom preporučuje se zatražiti pravni savjet od odvjetničkih društava s iskustvom u tom području (također za male sustave sa samo nekoliko kupaca). Ugovor o opskrbi toplinskom energijom i tehnički uvjeti priključka koji se u njemu nalaze moraju biti osmišljeni tako da postoje motivacijske i pravne mogućnosti za optimizaciju ponašanja opterećenja te temperature protoka i povrata. U tu svrhu sve se više koriste takozvane "motivacijske tarife". Oni uzimaju u obzir, na primjer, povratnu temperaturu ili određeni protok volumena kako bi izračunali bonus ili malus na cijenu topline, ovisno o tome. Dodatne informacije o ugovorima o opskrbi toplinskom energijom nalaze se u Priručniku o planiranju mreža centraliziranog grijanja [19].

Na slici **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.** prikazana je raspodjela troškova toplinske mreže u skladu s tarifnim strukturama. Raspodjelu određuje pojedinačno i operator sustava. Ako se, na primjer, odrekne jednokratne naknade za povezivanje, cjelokupni troškovi ulaganja, uključujući udio rizika, moraju se kapitalizirati i uključiti u osnovnu cijenu.



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..106 Raspodjela troškova prema tarifnoj strukturi.

10.6 Poslovni plan

10.6.1 Struktura i sadržaj

Poslovni plan opisuje koncept ili plan za poslovnu ideju koja će se implementirati u tvrtki. Izgradnja i rad toplane za biomasu - posebno mreže centralnog grijanja - također je posao u tom smislu i zahtijeva poslovni plan. Poslovni plan je stoga instrument koji pruža informacije o kvaliteti tvrtke. Dobar poslovni plan pomaže u financiranju i akviziciji kupaca. Za sljedeća objašnjenja poslovni plan obuhvaća dokument u sljedeća dva dijela:

1. Tekst: Ovo je **poslovni plan** kao pisana formulacija poslovne ideje u smislu proizvoda, usluge, klijentele i marketinga. Poslovni plan pruža informacije o razvoju poslovanja i omogućuje procjenu rizika.

Za mrežu grijanja važno je pokazati učinke različitih varijanti proširenja mreže.

2. Financije: planirana bilanca stanja i proračunski račun dobiti i gubitka pružaju informacije o planiranim prihodima i rashodima, subvencijama, financiranju i planiranju likvidnosti. Planirana bilanca stanja i račun planiranog dohotka obično obuhvaćaju razdoblje od najmanje 20 godina.

Poslovni plan trebao bi obuhvaćati sljedeće elemente u ova dva dijela:

- Izvršni sažetak (najviše dvije stranice)
- Tvrtka: Osnivački tim, profil tvrtke, ciljevi tvrtke
- Proizvod ili usluga: prednosti i koristi za kupce, stanje razvoja, proizvodnja

- Industrija i tržište: analiza industrije, analiza tržišta i segmentacija tržišta, ciljana klijentela, konkurencija, analiza lokacije
- Marketing: ulazak na tržište, marketinški i prodajni koncept, promocija prodaje
- Upravljanje i ključne pozicije
- Planiranje implementacije
- Prilike i rizici
- Financijski odjeljak: Planiranje za sljedećih 20 do 25 godina: planiranje osoblja, planiranje ulaganja i amortizacije, planirani račun dobiti i gubitka, planiranje likvidnosti, prikazivanje financijskih zahtjeva.
- Analiza osjetljivosti kao dopuna izračunu ulaganja, u kojoj se na sljedeća pitanja odgovara promjenom najvažnijih ulaznih varijabli:
 - Koje ulazne varijable imaju posebno snažan utjecaj na razinu varijable rezultata?
 - Unutar kojih granica mogu varirati vrijednosti ulaznih varijabli bez ugrožavanja uspjeha tvrtke?
- Važne ulazne varijable uključuju:
 - Omjer duga i kamata na dug
 - Cijena goriva (i sigurna opskrba)
 - Troškovi izgradnje i postrojenja
 - Cijena električne energije
 - Troškovi osoblja
 - Financiranje

Poslovni plan uvijek treba napisati stručnjak za razvoj. On je odgovoran za poslovnu ideju koja najbolje predstavlja poslovni plan vanjskom svijetu. Zadatak planera je podržati klijenta u pripremi poslovnog plana.

10.6.2 Proračunska bilanca i proračunski račun dobiti i gubitka

Procjena profitabilnosti poduzeća ne može se temeljiti samo na izračunu prosječnih troškova proizvodnje topline. Čak i ako su troškovi proizvodnje toplinske energije niži od prihoda tijekom duljeg razdoblja promatranja, nije moguće nadoknaditi gubitke u prvim godinama poslovanja s dobiti u kasnijim godinama ako likvidnost za to nije osigurana. Stoga posebnu pozornost treba posvetiti likvidnom stanju, koje je svrha proračunske bilance i proračunskog računa dobiti i gubitka s dokazom ekonomske situacije tijekom svake godine.

U poglavlju 10.7 **alat** temeljen na Excelu koji je razvio QM for Biomass DH Plants, a koji se može koristiti za mapiranje ekonomske situacije mreže grijanja tijekom 25 godina.

Opći uvjeti kao što su struktura i gustoća priključka mreže grijanja utječu na ekonomsku učinkovitost. Te podatke mora prikupljati projektant i upotrebljavati ih u postupku ekonomske optimizacije.

Revizija ekonomske održivosti i povezanih izračuna planiranja trebala bi se provesti ne samo jednom nakon pripreme, već bi se trebala redovito ažurirati i provjeravati s učinkovitim troškovima tijekom cijelog trajanja projekta te bi trebala biti dopunjena ispitivanjem mogućih optimizacija troškova.

Inflaciju bi trebalo uzeti u obzir **pri izračunu planirane bilance** stanja i proračunskog računa dobiti i gubitka za pojedinačne godine. Međutim, pojednostavnjeni realni pristup (vidi poglavlje 10.4) nije dopušten u tu svrhu jer se razlika između realne kamatne stope i kamatne stope banaka povećava kada je stopa inflacije visoka. To dovodi do odgovarajućeg većeg opterećenja kamata u prvim godinama. Stoga uporaba realne kamatne stope može dovesti do podcjenjivanja kapitalnih troškova s odgovarajućim rizikom, posebno u prvim godinama.

Ako se inflacija ne uzme u obzir korištenjem nominalne kamatne stope bez povećanja cijena, kamatno opterećenje bit će nešto veće u računu dobiti i gubitka u planiranju u odnosu na prihod nego kasnije u stvarnosti. Ako je inflacija niska, to se odstupanje može zanemariti u usporedbi s drugim nesigurnostima. Budući da inflacija utječe i na rashode i na prihode, ona je obično zanemariva u usporedbi s drugim nesigurnostima. O pretpostavkama o kamatnim stopama i inflaciji trebalo bi raspravljati i dogovoriti ih s kreditnim institucijama.

10.7 Alat za izračun profitabilnosti

QM Holzheizwerke razvio je jednostavan alat za Švicarsku ("QMH-Berechnungstool Wirtschaftlichkeit") za pripremu proračunske bilance i proračunskog računa dobiti i gubitka tijekom operativnog razdoblja postrojenja od 25 godina. Alat se temelji na programu izračuna ekonomske učinkovitosti koji je razvio i ponudio austrijski

tim QM Heizwerke [105]. Ovim alatom može se predstaviti razvoj troškova, gospodarska uska grla i uspjeh projekta. Na sljedeća pitanja, između ostalog, može se odgovoriti uz pomoć alata:

- Kako se projekt razvija tijekom operativnog razdoblja?
- Koji su ekonomski rizici?
- Je li dužnički kapital osiguran preostalom vrijednošću postrojenja?
- Koliko su visoki troškovi proizvodnje topline kupaca?

Trenutna verzija Excel predloška i oglednih primjeraka datoteka (na njemačkom jeziku) može se naći u području preuzimanja QM Holzheizwerke [17].

Odricanje

Excel alat *QMH-Wirtschaftlichkeitsrechnung (Izračun ekonomske profitabilnosti)* pripremljen je vrlo pažljivo, ali osobe i institucije uključene u njegovu pripremu ne mogu preuzeti nikakvo jamstvo ili jamstvo za utvrđene rezultate i zaključke koji proizlaze iz njih. Učinjena pojednostavnjenja dovode do određenih odstupanja zbog prirode izračuna, na primjer, ne uzima se u obzir je li plaćanje izvršeno početkom godine ili na kraju godine, budući da se godina smatra jednim razdobljem.

Napomena: Čak i ako alat pruža povratne informacije upozorenja u vezi s različitim ograničenjima ulaza, ne može se isključiti da netočne ulazne vrijednosti mogu dovesti do netočnog prikaza konačnog rezultata. Ispravna procjena posljedica određenih pretpostavki odgovornost je osoba koje koriste alat.

Alat programa Excel sadrži različite radne listove. Radni listovi su samo za čitanje, ali sve formule i izračuni su vidljivi. Treba napomenuti da njihove promjene mogu dovesti do pogrešaka, a time i do netočnih izjava alata.

Umjesto priručnika ili priručnika, alat je opisan na radnom listu **I1_Explanations**. Ulazna i izlazna polja povezana su s odgovarajućim objašnjenjima.

Na radnom listu **E1_Project podataka** unose se informacije o cijelom projektu. To uključuje:

- Opći podaci o projektu, gubici distribucije topline i drugi
- Cijene energije i raspodjela, operativni troškovi, inflacija

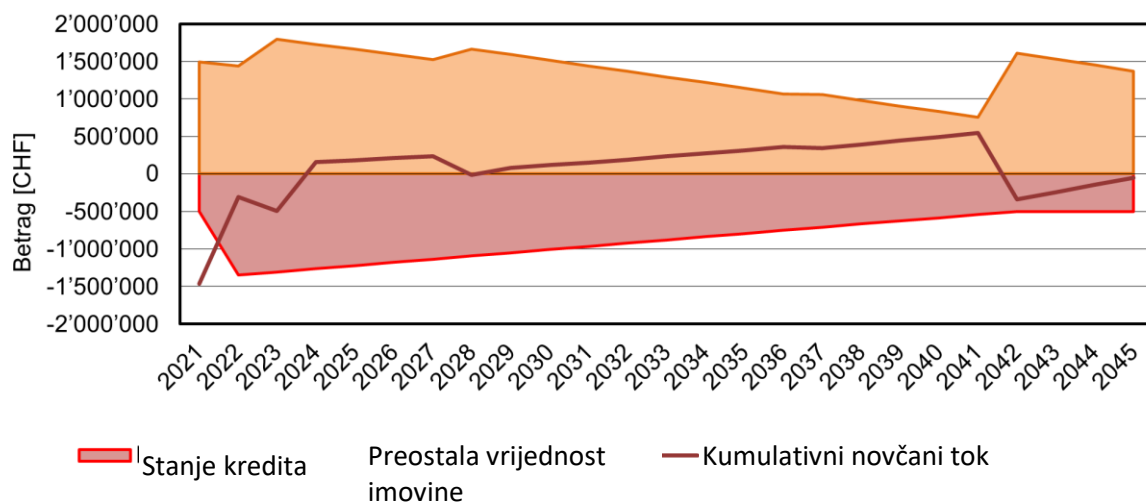
- Troškovi održavanja
- Troškovi ulaganja, uključujući vijek trajanja
- Dužničko financiranje i krediti (uključujući rok i kamatnu stopu)
- Subvencije.

Četiri različite tarifne strukture (cijene i ugovorna razdoblja) mogu se definirati na radnom listu **E2_Heat cijene**. Tarife odgovaraju tarifnoj strukturi iz poglavlja **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.**

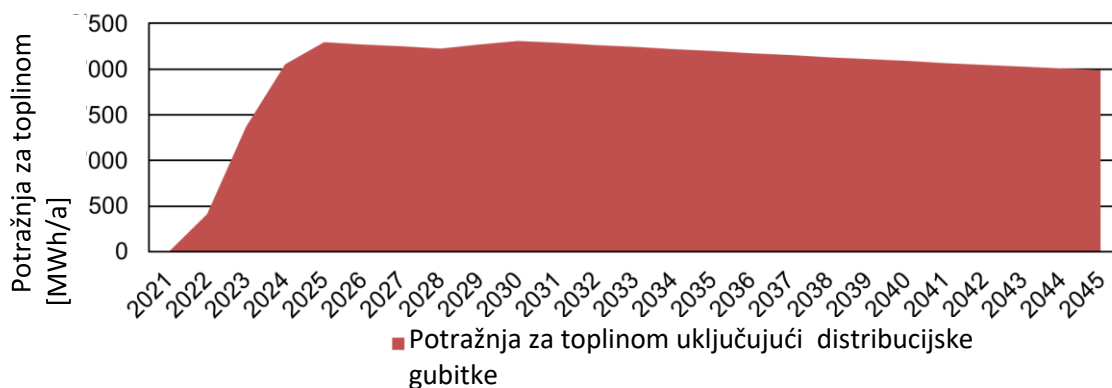
Podaci o potrošnji topline bilježe se u **E3_Consumers** radnog lista. Podaci o vezi za svakog kupca mogu se unijeti u tablicu. Opći podaci i potražnja za toplinom mogu se preuzeti iz Excel alata za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava ili unijeti ručno. Važno je da se ugovorno dogovoreni output upiše za pretplaćeni output, a ne za izračunati izlazni zahtjev. Iz podataka o potrošnji i tarifa, godišnji troškovi i cijena proizvodnje topline mogu se izračunati sa stajališta kupca topline ili prihoda od prodaje sa stajališta poduzeća za opskrbu toplinskom energijom.

Unosi se sastavljaju na radnom listu **B1_Calculations** i procjenjuju tijekom trajanja projekta od 25 godina. Tijekom rada, datoteka se može koristiti za jednostavnu kontrolu i naknadni izračun pomoću učinkovitih vrijednosti za ukupne rashode i prinos.

Najvažniji rezultati i grafikoni sastavljeni su na **radnom listu A1_Results** i mogu se ispisati na dvije A4 stranice.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1076** Grafikon stanja kredita, preostale vrijednosti imovine i novčanog toka



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1087** Razvoj prodaje toplinske energije. Zbog obnove i mjera učinkovitosti na strani kupaca, potražnja za toplinom i prodaja smanjuju se tijekom godina ako nisu povezani novi kupci.

Ostali preporučeni alati

Zajedno s dokumentima koje je razvio i dostavio QM sustav za centralizirane toplinske sustave na biomasu postoje daljnji alati za izračun koji se mogu preporučiti za projektiranje i izračun ekonomske učinkovitosti.

Sophena [102]

Softver otvorenog [koda Sophena](#) nudi mogućnost provođenja tehničkog i gospodarskog planiranja projekta opskrbe toplinskom energijom brzo i na utemeljen način. U središtu Sophene je simulacija skladištenja kotla i pufera, iz koje se određuju godišnje krivulje trajanja i ključne energetske brojke. Na temelju tih izračuna provodi se analiza profitabilnosti prema VDI 2067 uključeno. Daljnji rezultati uključuju ravnotežu stakleničkih plinova i gustoću potražnje za toplinom mreže.

THENA [106]

[THENA](#) (Thermal Network Analysis) je alat za izračun temeljen na Excelu i koristi se za jednostavnu tehničku analizu dizajna mreže i dodatnu grubu procjenu troškova mreže za distribuciju topline.

DN-Sensi [107]

Pomoću excel-based alata za izračun [DN-Sensi](#), optimalno dimenzioniranje kao i osjetljivost različitih parametara na troškove distribucije topline za nominalne promjere od DN 20 do DN 250 mogu se izračunati i grafički prikazati na jednostavan način.

(vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..109**) i mrežom grijanja, uključujući kućne stanice (vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..110**). Krivulje se temelje na podacima realiziranih sustava iz praćenja QM-a u Švicarskoj i Austriji u razdoblju od 2009. do 2018. Grafikoni predstavljaju većinu ocijenjenih sustava koji su u skladu s najvažnijim zahtjevima u pogledu pitanja. Raspon fluktuacija ponekad je znatan i ovisi o različitim čimbenicima.

Bilješke

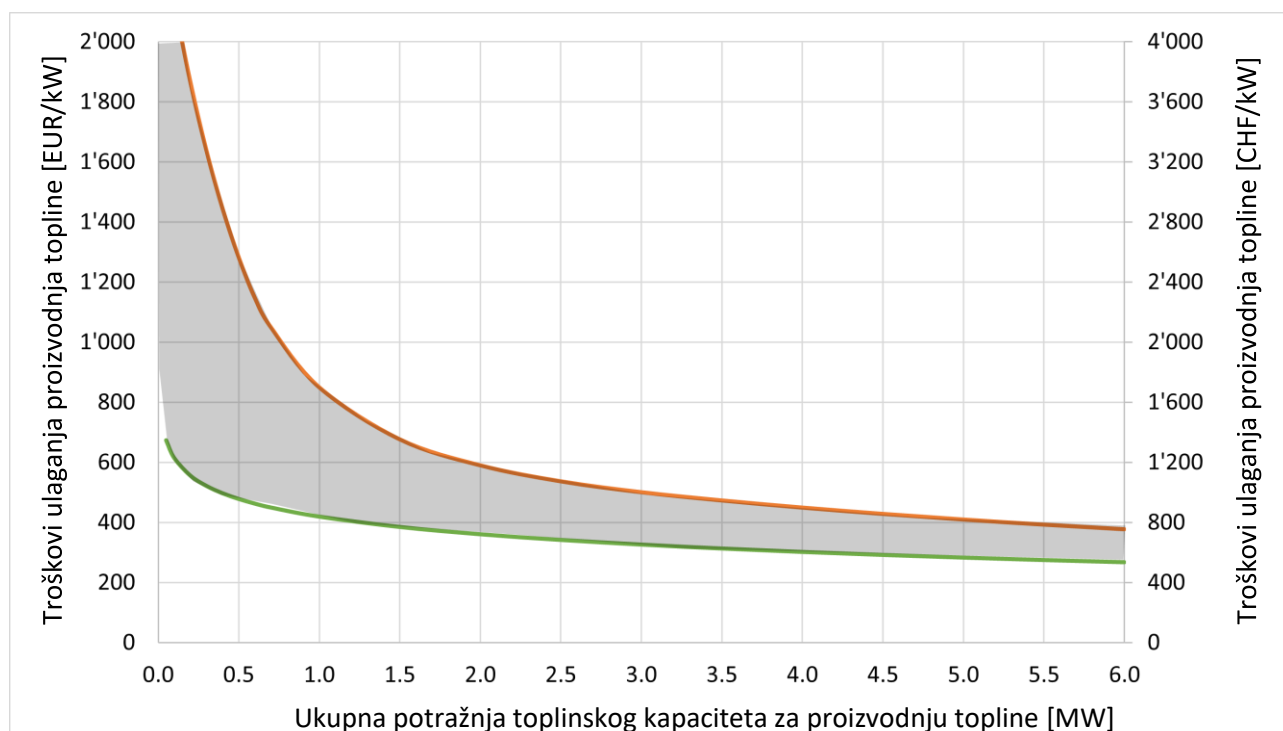
Sljedeći dijagrami namijenjeni su samo kao prva **procjena troškova ulaganja** (preliminarna studija, studija izvedivosti). Oni daju naznake, ali se ne smiju upotrebljavati za određivanje troškova ulaganja kao dio faze detaljnog planiranja topline na drva. Dijagrami služe kao mjerilo za usporedbu s izračunima specifičnim za pojedine projekte.

Konverzija EUR/CHF nije čista konverzija valute, već uzima u obzir i **razlike u cijenama** u Austriji i Švicarskoj prema ocijenjenim podacima o postrojenju te je opravdana različitim cijenama, troškovima izgradnje i razinama plaća.

Daljnje tablice i grafikone s cijenama vodiča za cijevi za centralizirano grijanje i kućne stanice odredio je QM Fernwärme i objavio u Priručniku o planiranju mreža centraliziranog grijanja [19] (cijevi za centralizirano grijanje) i Vodiču za planiranje stanica za prijenos centraliziranog grijanja [76] (kućne stanice).

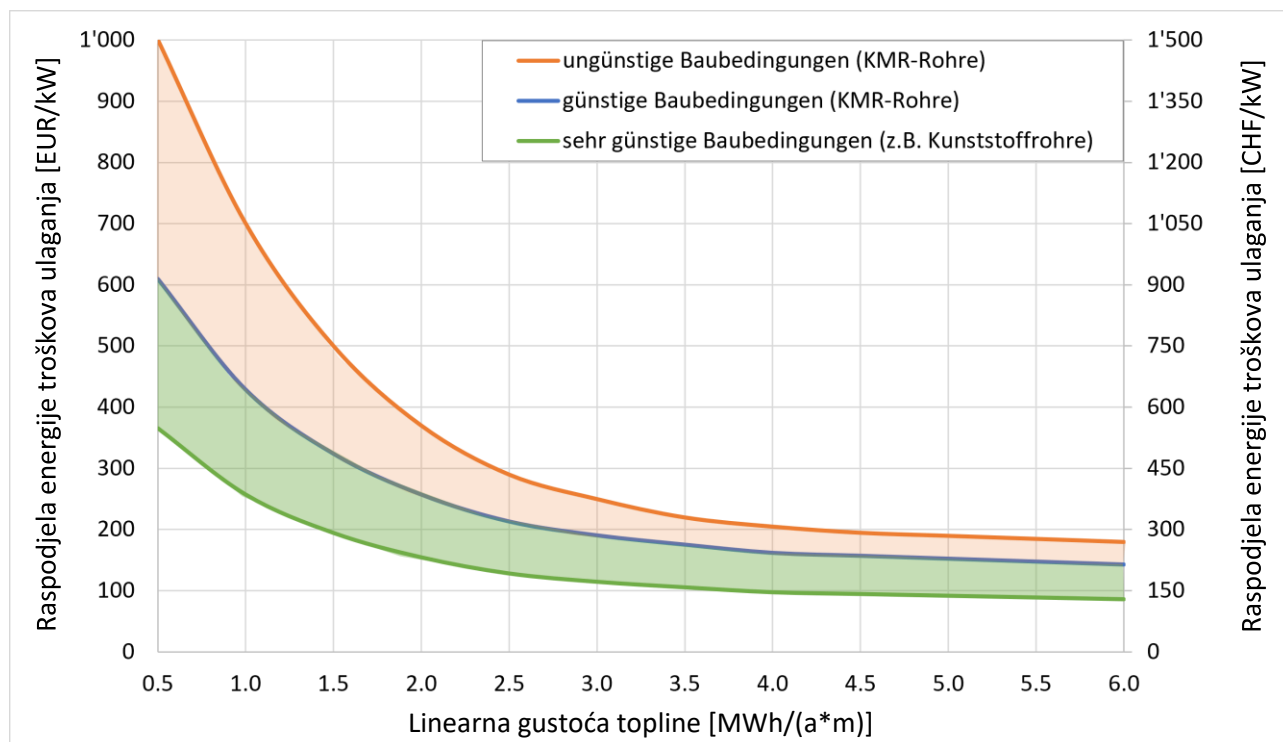
10.8 Procjena troškova ulaganja

Sljedeći podaci pokazuju ukupne troškove ulaganja u proizvodnju toplinske energije s centralnim toplanama



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1098** Specifični troškovi ulaganja za proizvodnju topline – evaluacija realiziranih postrojenja iz AT i CH u razdoblju od 2009. do 2018.

Troškovi uključuju proizvodnju topline, separator čestica, ekonomizator i/ili kondenzaciju (ako postoji), skladištenje topline, dimnjačarski sustav (dimovod), hidrauličku integraciju, električne instalacije, kontrolu/regulaciju (C&I), kotlovnicu, skladište goriva, uključujući sustav pražnjenja monovalentnih i bivalentnih sustava s skladištenjem topline. Dizajn ispunjava zahtjeve Q-a "E4 proizvodnja topline"; EUR/CHF - konverzija uzima u obzir različite razine cijena u AT i CH.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1109** Specifični troškovi ulaganja u distribuciju topline – evaluacija realiziranih postrojenja iz AT i CH u razdoblju od 2009. do 2018. godine.

Troškovi uključuju hidrauliku povezanu s mrežom centralnog grijanja u toplani, mrežu centraliziranog grijanja, uključujući radove na iskapanju, te priključke do kuća i uključujući stanice za prijenos topline (bez ugradnje potrošača); EUR/CHF - konverzija uzima u obzir različite razine cijena u AT i CH.

3. dio - Proces planiranja

11 Procjena potražnje

11.1 Uvod

Analiza postojećeg stanja (procjena potražnje) osnova je za odabir sustava kako bi se definirao odgovarajući sustav proizvodnje topline i distribucije topline za zgradu ili područje koje se isporučuje.

Procjena potražnje najvažnija je osnova za sve daljnje korake planiranja i igra odlučujuću ulogu u uspješnom tijeku projekta i radu postrojenja. Precjenjivanje potražnje za energijom i topline te povezano prekomjerno dimenzioniranje postrojenja može imati goleme negativne tehničke i gospodarske učinke na projekt.

U skladu s tim, pozornost bi trebalo posvetiti provedbi procjene potražnje već u ranoj fazi planiranja. Provedba je u nadležnosti iskusnih projektanata i treba je provjeriti na vjerodostojno uz pomoć neovisnog tijela (npr. Q-manager QM-a za postrojenja za biomasu).

U holističkom pristupu procjena potražnje uključuje određivanje trenutačne i buduće potražnje za grijanjem i hlađenjem, kao i procjenu svih mogućih obnovljivih i regionalno dostupnih izvora topline. Kao rezultat toga, procjenom potražnje osigurava se godišnja potražnja za topline cijelog sustava za različitim scenarijima ponude i proširenja, kao i odgovarajući profil opterećenja i godišnje krivulje trajanja za daljnji odabir sustava (vidi poglavlje 13).

QM Holzheizwerke i QM Fernwärme nude korisne dokumente i alate u tu svrhu:

- Detaljan **postupak projekta** u skladu s QM-om za postrojenja za biomasu u smjernicama za pitanja [15], u dijelu 3. ovog Priručnika za planiranje i u Priručniku o planiranju mreža centraliziranog grijanja ([19], stranica 102 ff.).
- **Upitnik** za priključenje na centralizirano grijanje kao predložak dokumenta u programu Word [108]
- **Excel alat za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava** [109] za provjeru vjerodostojnosti za svakog potrošača topline i za cijeli sustav. U Excel alatu odabir sustava za proizvodnju topline izravno se procjenjuje pomoću ciljnih vrijednosti QM za postrojenja za biomasu.

Preporučuje se da se svi relevantni dionici projekta uključe što je prije moguće. To uključuje općinu, grad, županiju ili saveznu državu, operativno društvo (npr. izvođač radova), kupce, poduzeća za opskrbu gorivom i energijom te neizravne dionike kao što su stanovnici i vlasnici kuća, udruge, regionalne energetske agencije, poduzeća i udruge za biomasu. Relevantni sudionici projekta detaljno su opisani u izvješćima "Rizici u toplinskim mrežama" [20] i "Socioekonomski aspekti toplinskih mreža" [18].

Obavezni radni koraci

Sljedeći **radni koraci moraju biti** dostupni ili definirani u različitim stupnjevima točnosti ovisno o napretku projekta i pokazateljima prema QM-u za centralizirane toplinske sustave na biomasu:

- U preliminarnoj studiji ili u razvoju projekta provodi se prva gruba preliminarna analiza **područja opskrbe**. U tom procesu, postojeći potencijali izvora topline i odvoda topline (potrebno je razjasniti zahtjeve za topline). Izvori informacija kao što su smjernice i preporuke za energetske planiranje. U tu svrhu mogu se upotrebljavati izvori informacija kao što su smjernice i preporuke za energetske planiranje, alati geografskih informacijskih sustava (GIS) ili katastarske karte (vidi i poglavlje 12.):
 - Vodič za komunalno planiranje toplinske energije od strane KEA-e [110]
 - Moduli za prostorno energetske planiranje tvrtke EnergieStadt [111]
 - Alat PETA 5.1 [112]
 - THERMOS alata [113]
 - Alatni okvir Hotmaps alata [114]
 - Info karta map.geo.admin.ch [115]
 - WebGIS alata za Švicarsku [116].
- Koordinacija i pojašnjenje potencijalnih područja opskrbe s pomoću postojećih nacionalnih, regionalnih i **općinskih energetskih strategija ili glavnih energetskih planova**. U programu Heat Roadmap Europe [117] strategije za grijanje i hlađenje bez emisije CO₂ razvijene su na europskoj razini.
- Razjašnjenje interesa među najvažnijim **ključnim kupcima**.
- Analiza, evaluacija i provjera vjerodostojnosti podataka, na primjer s **Excelovim alatom za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava** [109] QM Holzheizwerke.
- Provođenje detaljne procjene potražnje i interesa za topline putem anketa među kućama, informativnih događaja i upitnika radi prikupljanja **detaljnih podataka** (poglavlje 11.2. potražnja pojedinačnih potrošača toplinske energije)
- Ažuriranje analize i pripreme različitih **mogućih varijanti** za opskrbu toplinskom energijom. Odabir varijanti temelji se na sljedećim kriterijima:
 - Dostupnost lokalnih i obnovljivih izvora energije
 - Potreban minimalni udio obnovljivih izvora energije
 - Pokrivenost vršnog opterećenja
 - Troškovi ulaganja i poslovanja
 - Postojeća potražnja za energijom za hlađenje
- Ponovite postupak ovisno o napretku projekta i pokazatelju povećajte stupanj točnosti (iterativni proces).

Rezultat procjene potražnje

Godišnja potražnja za toplinskom energijom cijelog sustava za različite scenarije ponude i proširenja, kao i odgovarajući profil opterećenja i godišnje

krivulje trajanja za daljnji odabir sustava (vidi poglavlje 13)

11.2 Analiza potražnje za toplinom

11.2.1 Nove zgrade

Godišnju potražnju za toplinskom energijom za grijanje prostora trebalo bi izračunati u skladu s programom EN ISO 52016 [118]. Ako je potrebno, trebalo bi se savjetovati s drugim istovjetnim nacionalnim standardima i smjericama. Toplinski dobici od sunčevog zračenja, ljudi, električnih uređaja i drugih uzimaju se u obzir u ovom standardu.

Izračun **godišnje potražnje za toplinskom energijom za toplu vodu** obično se temelji na određenoj standardnoj uporabi. Osim tablice Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..20.**, u tu svrhu može se savjetovati s relevantnim nacionalnim standardima i smjericama (vidi poglavlje 19).

Standardnu potražnju za toplinskim kapacitetom za grijanje prostora treba izračunati u skladu s normom EN 12831-1[119]. Za izračun se mogu koristiti i druge istovjetne nacionalne norme i smjernice. Toplinski dobici od sunčevog zračenja, ljudi, električnih uređaja i drugih ne razmatraju se u ovom standardu. Kako bi se nadoknadili učinci povremenog grijanja, može se uzeti u obzir dodatni kapacitet grijanja. Bez dodatnog kapaciteta grijanja dobiva se 24-satna prosječna vrijednost bez uzimanja u obzir povećanja topline.

Prosječna vrijednost potražnje toplinskog kapaciteta za **toplom vodom u kućanstvu** izračunava se dijeljenjem potražnje za toplinskom vodom za toplom vodom s brojem sati grijanja (zimski rad) ili 8.760 sati (cjelogodišnji rad). Vršna vrijednost potražnje toplinskog kapaciteta za toplom vodom proizlazi iz povezanog opterećenja bojlera. Budući da se općenito koriste grijači vode za skladištenje s prioritarnim krugom, obično je dovoljno podijeliti godišnju potražnju za toplom vodom za 4.000 do 6.000 sati. Ako se koriste trenutni grijači vode ili grijači protočne vode ili stanice za slatku vodu, možda će se morati smanjiti broj radnih sati punog opterećenja. To uzima u obzir veće vršno opterećenje od teoretske srednje vrijednosti, jer vršno opterećenje na određene dane može biti veće od srednje vrijednosti i ovisi o danu u tjednu i sezoni.

Potražnja za **temperaturom** proizlazi iz dizajna toplinskog kapaciteta i pripreme tople vode u kućanstvu. Dizajn radijatora, podnog grijanja i izmjenjivača topline obično se temelji na specifikacijama proizvođača.

11.2.2 Postojeće zgrade

Izračun ukupne **godišnje potražnje za toplinskom energijom** obično se temelji na prethodnoj konačnoj potrošnji energije (npr. prethodna potrošnja lož ulja) i stupnju iskorištenosti prethodnog generatora topline. Iz toga se kvar pretvara u grijanje prostora, toplu vodu za

kućanstvo i procese (vidi Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..19**). Ne preporučuje se odabir kapaciteta prema prethodno instaliranim kotlovskim sustavima, preuzimanje potražnje za energijom i kapacitetom iz certifikata energetske učinkovitosti ili oslanjanje na grubu i neprofesionalnu procjenu.

Ako nisu dostupni pouzdani podaci o prošloj potrošnji ili nije moguća pouzdana podjela na grijanje prostora, toplu vodu za kućanstvo i procese, potrebno je provesti mjerenja ili stručnu procjenu.

Najbolja metoda za određivanje **potražnje** toplinskog kapaciteta je određivanje karakteristika opterećenja uz pomoć mjerenja. To obično uključuje previše truda za male potrošače topline, ali se svakako preporučuje, posebno za veliku potrošnju topline i za procesne sustave grijanja. Rano planiranje važno je u tim slučajevima jer su mjerenja moguća samo ako je dostupno dovoljno vremena i ako je dostupan funkcionalan sustav za proizvodnju topline.

Iskustvo je pokazalo da su korisni postojeći **izračuni potražnje za toplinskim kapacitetom** teško dostupni ili se temelje na zastarjelim metodama izračuna. Novi izračuni često propadaju zbog nedostatka potrebnih informacija o detaljnoj strukturi zgrade.

Potražnja za toplinskim kapacitetom najčešće se određuje iz prethodne potražnje za toplinom:

- **Maksimalna potražnja za toplinskim kapacitetom za grijanje prostora:** Podjela potražnje za toplinskim kapacitetom s odgovarajućim brojem radnih sati punog opterećenja (za objašnjenje i ograničenja pogledajte okvir "Broj radnih sati punog opterećenja za grijanje prostora")
- **Prosječna potražnja za toplom vodom:** Podjela potražnje za toplinom prema broju sati grijanja (zimski rad) ili 8.760 sati (cjelogodišnji rad). Kako bi se u obzir uračunao veći vršni teret od teoretske srednje vrijednosti, godišnja potražnja za toplom vodom obično se dijeli s 4.000 na 6.000 sati.
- **Potreban toplinski kapacitet za procesnu toplinu:** Podjela zahtjeva za toplinskom toplinom s odgovarajućim brojem radnih sati punog opterećenja, koje treba odrediti ili procijeniti pojedinačno, uzimajući u obzir radno vrijeme, vrhove grijanja, prekide, noćni zastoj i vikende. Treba napomenuti da se u Excel alatu za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava procesna toplina smatra prosječnom tijekom radnih sati godišnje (dnevne prosječne vrijednosti). Dakle, maksimalni vrhovi snage se ne uzimaju u obzir. U nekim slučajevima samo te informacije nisu dovoljne za dimenzioniranje sustava.

Temperaturnu potražnju moguće je procijeniti isključivo na temelju postojećih sustava opskrbe toplinskom energijom kao što su podno grijanje, grijanje radijatora ili bojleri. Međutim, preporučuje se mjerenje temperature kod pojedinih potrošača topline tijekom

hladnih vanjskih temperatura i ekstrapolirati izmjerene parove vrijednosti (temperatura protoka/povrata, vanjska temperatura) kako bi se dizajnirale vrijednosti.

Predstojeće **mjere uštede energije** treba ispitati tijekom procjene potražnje i uzeti u obzir godišnju potražnju za toplinskom energijom, potražnju za toplinskim kapacitetom i potražnju za temperaturom.

Povezana rasprava o broju radnih sati punog opterećenja za grijanje prostora

Broj radnih sati punog opterećenja za grijanje prostora [h/a] (naziva se i "radno vrijeme punog opterećenja" ili "puni sati korištenja") omjer je korisne potražnje za energijom za grijanje prostora u kWh/a i maksimalne potražnje toplinskog kapaciteta za grijanje prostora u kW. Broj radnih sati punog opterećenja ovisi o godišnjoj krivulji trajanja vanjske temperature na lokaciji sustava, ograničenju grijanja i veličini udjela potražnje toplinskog kapaciteta koji ne ovisi o vremenskim uvjetima.

Ovisno o standardu zgrade i vrsti uporabe, nastaju i druge vrijednosti, koje je ponekad teško procijeniti, posebno u slučaju nestambenih zgrada, zbog ograničenog rada i podgrijavanja, kao i sobnih temperatura i unutarnjih opterećenja koja se razlikuju od onih u stambenim zgradama (vidjeti usporedbu stambenih i nestambenih zgrada u Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..19**). U skladu s tim, broj radnih sati punog opterećenja naveden u Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..20** odnosi se samo na **postojeće stambene zgrade** (grijanje prostora bez tople vode) koje su izgrađene prije otprilike 1990. godine. Ti brojevi radnih sati punog opterećenja ne smiju se primjenjivati na **nove zgrade** i vrlo dobro izolirane postojeće stambene zgrade s ograničenjima grijanja < 15 °C, kao i nestambene zgrade; niže vrijednosti ovdje rezultiraju.

Broj radnih sati punog opterećenja u osnovi je namijenjen kao pomoć pri procjeni potrebnog toplinskog kapaciteta i za provjere vjerodostojnosti. Međutim, ovisno o situaciji, potražnji za energijom i namjeni, ova metoda nije dovoljna za odluku o ulaganju i zahtijeva preciznije pojašnjenje potražnje za električnom energijom na temelju EN 12831-1 [119] ili, u slučaju postojećih zgrada, uz pomoć mjerenja (vidi poglavlje 11.2.1 . i 11.2.2).

Analogno postojećim zgradama, izračun **potražnje za toplinskim kapacitetom** moguć je iz potražnje za toplinom (ovdje je procijenjeno). Potražnja **za temperaturom** procjenjuje se na temelju očekivanih sustava za isporuku topline.

11.2.3 Građevinsko područje

Ako ne postoji točan plan gradnje za građevinske površine, a time ni mogućnost izračuna, **potražnja za toplinskom energijom** određuje se približno na temelju referentne površine energije i specifične potražnje za grijanjem. Specifičnu potražnju za grijanjem trebalo bi odrediti u skladu s trenutačnim i očekivanim budućim standardom gradnje, ali ni u kojem slučaju nije previsoka. Specifična potražnja za toplinom za toplu vodu koristi se u izračunu prema standardnoj uporabi.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..191** Usporedba stambenih zgrada s odabranim nestambenim zgradama

	Stanovanje	Trgovine i restorani	Hoteli bez spa centra	Unutarnji bazeni i spa prostori u hotelima
Problemi	<ul style="list-style-type: none"> Izračun potražnje za toplinskim kapacitetom bez povećanja topline, ali to se uzima u obzir u Excel alatu za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava Relativno predvidljiva, ujednačena potražnja za toplom vodom Nema ograničenog rada, ili samo tijekom noći 	<ul style="list-style-type: none"> Često nepouzdan izračun potražnje za toplinskim kapacitetom Često netočne brojke za opterećenja otpadnom toplinom veliko opterećenje priključenog grijača zraka Ograničeno radno vrijeme u smislu dana i tjedna Potrošnja tople vode visoka u restoranima i niska u trgovinama (ali varira ovisno o sektoru). 	<ul style="list-style-type: none"> Izračun potražnje toplinskog kapaciteta kao kod stambene izgradnje, dok toplinski dobici nisu jasni Vrlo različito sezonsko radno vrijeme i popunjenost Visoki pikovi tople vode za kućanstvo koji se ne javljaju u normalnoj stambenoj izgradnji 	<ul style="list-style-type: none"> Često nerealan izračun potražnje toplinskog kapaciteta Često netočne brojke za opterećenje otpadne topline Visoka priključna opterećenja izmjenjivača topline vode za kupanje Ograničeno radno vrijeme u smislu dana, tjedna i godine Velika dnevna potrošnja tople vode za domaćinstvo s velikom vršnom potražnjom
Grijanje prostora Specifična potražnja za toplinom	<p>Srednje/nizinsko područje Staro 100 kWh/(m²*a) Postojećih 80 kWh/(m²*a) Novo 40 kWh/(m²*a)</p> <p>Planinska regija Staro 120 kWh/(m²*a) Postojećih 100 kWh/(m²*a) Novih 50 kWh/(m²*a)</p>	<p>Srednje/nizinsko područje Postoji 80 kWh/(m²*a) Novo 40 kWh/(m²*a)</p> <p>Planinska regija Postojećih 100 kWh/(m²*a) Novo 50 kWh/(m²*a)</p>	<p>Srednje/nizinsko područje Postoji 80 kWh/(m²*a) Novo 40 kWh/(m²*a)</p> <p>Planinska regija Postojećih 100 kWh/(m²*a) Novo 50 kWh/(m²*a) Moguće niže vrijednosti s prekidima u radu</p>	<p>Srednje/nizinsko područje Postoji 300 kWh/(m²*a) Novo 150 kWh/(m²*a)</p> <p>Planinska regija Postojećih 375 kWh/(m²*a) Novo 190 kWh/(m²*a) (uključujući toplu vodu za domaćinstvo i grijanje vode za kupanje)</p>
Broj radnih sati punog opterećenja	<p>Srednje/nizinsko područje Staro 2.000 h/ Postojećih 2.000 h/ Novo 1.200 h/a Planinska regija: Staro 2.500 h/ Postojećih 2.500 h/ Novo 1.500 h/a</p>	<p>Srednje/nizinsko područje Postojećih 1.350 h / Novo 800 h / a Planinska regija Postojećih 1.700 h/ Novo 1.000 h/a</p>	<p>Srednje/nizinsko područje Postojećih 2.000 h/ Novo 1.200 h/a Planinska regija Postojećih 2.500 h/ Novo 1.500 h/a Moguće niže vrijednosti s prekidima u radu</p>	<p>Srednje/nizinsko područje Postoji 2.000 h/ Novo 1.200 h/a Planinska regija Postojećih 2.500 h/ Novo 1.500 h/a (uključujući toplu vodu za domaćinstvo i grijanje vode za kupanje)</p>
Posebni zahtjevi u pogledu performansi	<p>Srednje/nizinsko područje Staro 50 W/m² Postojećih 40 W/m² Novo 30 W/m² Planinska regija Staro 50 W/m² Postojećih 40 W/m² Novo 30 W/m²</p>	<p>Srednje/nizinsko područje Postojećih 60 W/m² Novi 50 W/m² Planinska regija Postojećih 60 W/m² Novo 50 W/m²</p>	<p>Srednje nizinsko područje Postoji 40 W/m² Novi 30 W/m² Planinska regija Postojećih 40 W/m² Novo 30 W/m² Uz prekide poslovanja potrebne su jednake vrijednosti</p>	<p>Srednje/nizinsko područje Postojećih 150 W/m² Novo 125 W/m² Planinska regija Postojećih 150 W/m² Novo 125 W/m² (uključujući toplu vodu za kućanstvo i grijanje vode za kupanje)</p>
Topla voda Specifična potražnja za toplinom	<p>Obiteljska kuća (EFH): 15 - 20 kWh/(m²*a) Obiteljska kuća (MFH): 25 - 30 kWh/(m²*a)</p>	<p>Restorani više vrijednosti od stambenih 30 - 70 kWh/(m²*a) Maloprodajne trgovine niže vrijednosti od stambenih zgrada: 5 - 15 kWh/(m²*a)</p>	<p>Znatno više vrijednosti od MFH, ali eventualno kompenzirane niskom popunjenošću 30 - 50 kWh/(m²*a)</p>	<p>Priprema tople vode za domaćinstvo i grijanje vode za kupanje uključeni su u gore navedene ključne brojke Uz pomoć tih ključnih brojki može se procijeniti samo približna ukupna potražnja.</p>
Broj radnih sati punog opterećenja	<p>Ne 8.760 h/a, jer dnevna potrošnja varira; preporuka: 4.000 - 6.000 h/a</p>	<p>Niže vrijednosti od stambene izgradnje (viši vrhovi snage): 2.000 - 3.000 h/a</p>	<p>Niže vrijednosti od stambene izgradnje (viši vrhovi snage): 2.000 - 3.000 h/a Specifična potražnja za toplom vodom znatno je veća nego u MH: 15 - 25 W/m²</p>	
Posebni zahtjevi u pogledu performansi	<p>Obiteljska kuća (EFH): 5 W/m² Obiteljska kuća (MFH): 8 W/m²</p>	<p>Restorani viši vrijednosti od stambenih: 25 W/m² Maloprodajne trgovine niže vrijednosti od stambenih</p>		

zgrada:
5 W/m²

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..20** Broj radnih sati punog opterećenja za postojeće stambene zgrade (grijanje prostora bez tople vode). Ti se brojevi radnih sati punog opterećenja ne mogu primijeniti na nove zgrade i toplinski izolirane postojeće zgrade s ograničenjima grijanja < 15 ° C i nestambene zgrade (napomene o primjeni u tablici).

Lokacija	Broj radnih sati punog opterećenja za stambene zgrade Izračunato uz pomoć alata Excel za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava	Broj radnih sati punog opterećenja za stambene zgrade Zajedničke vrijednosti koje se koriste u pojedinim zemljama
Zurich (CH)	2.050 h/a *	2.000 - 2100 h/a *
Davos (CH)	2.800 h/a *	2.600 - 3.000 h/a *
Locarno-Monti (CH)	1.800 h/a *	1.700 - 1.900 h/a *
Sveučilište u Grazu (AT)	1.900 h/a **	1.800 - 1.875 h/a ***
Tamsweg (AT)	2.350 h/a **	1.766 - 1.840 h/a ***
Bečki unutarnji grad (AT)	1.700 h/a **	1.714 - 1.813h/a ***
Zračna luka München (DE)	2.050 h/a **	1.913 h/a ****
Karlsruhe (DE)	1.750 h/a **	1.611 h/a ****

* Dugoročne empirijske vrijednosti iz Švicarske. Brojke su djelomično navedene u kantonalnim energetskim uredbama.

** Podaci za Austriju i Njemačku izračunani su isključivo na temelju godišnje krivulje trajanja pomoću alata Excel za procjenu potražnje i odgovarajućeg odabira sustava na temelju švicarskih vrijednosti. Te bi se vrijednosti trebale upotrebljavati samo kao komparativne brojke u

*** Njemačkoj i Austriji.

**** Izvor: Priručnik za energetske savjetnike, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, izdanje iz listopada 1994.

Izvor: Recknagel/Sprenger/Hönnmann, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 1990./1991.

11.3 Potražnja za topline cijelog sustava

11.3.1 Određivanje potrebnog toplinskog kapaciteta

Prilikom određivanja potrebnog toplinskog kapaciteta cijelog sustava iz brojki pojedinih potrošača topline često se javljaju sljedeći problemi:

- Potreban toplinski kapacitet za cijeli sustav proizlazi iz mješavine izračunatih vrijednosti s više ili manje velikim **sigurnosnim marginama** i stvarnim izmjerenim vrijednostima bez sigurnosnih margina.
- Standardna potražnja za toplinskim kapacitetom za grijanje prostora, izračunana prema EN 12831-1 [119], temelji se na standardnoj vanjskoj temperaturi. Nasuprot tome, karakteristike opterećenja određene na temelju mjerenja odnose se na **stvarne vanjske temperature**.
- Standardni potrebni toplinski kapacitet za grijanje prostora, izračunan u skladu s EN 12831-1 [119], ne uzima u obzir **unutarnje i vanjske toplinske dobitke** zbog sunčevog zračenja, ljudi ili električnih uređaja itd. Nasuprot tome, karakteristike opterećenja određene na temelju mjerenja ispravno uzimaju u obzir povećanje topline.
- Za procjenu potražnje za toplinskim kapacitetom za grijanje prostora u postojećim zgradama od potražnje za topline potreban je niz radnih sati punog opterećenja, što ovisi o godišnjoj krivulji trajanja vanjske temperature na mjestu sustava, sobnoj temperaturi, ograničenju grijanja i veličini komponente koja ne ovisi o vremenskim uvjetima. **Koji broj radnih sati punog opterećenja treba koristiti?**
- Često se ne razmatra izračun **dodatnih kapaciteta** grijanja kako bi se nadoknadili učinci povremenog

grijanja (npr. zagrijavanje u ponedjeljak ujutro u poslovnoj zgradi nakon smanjenog rada vikendom).

- Izmjerene karakteristike opterećenja mogu se stvoriti za različite slučajeve opterećenja tako da se dnevne prosječne vrijednosti nazaduju na 1-satne prosječne vrijednosti. Treba napomenuti da vršna opterećenja određena na temelju mjerenja ne ovise samo o potrošnji topline, već i o generatoru topline (moguće preko ili ispod dimenzioniranja) i mjestu mjerne točke.
- Krivulje opterećenja određene mjerenjem često pokazuju znatan **udio potražnje za energijom grijanja koji ne ovisi o vremenskim uvjetima**. Kako bi se taj udio potražnje za grijanjem prostora koji ne ovisi o vremenskim uvjetima trebao uzeti u obzir u novim zgradama?
- Prosječna vrijednost **potražnje toplinskog kapaciteta za toplom vodom u kućanstvu** (godišnja potražnja za toplom vodom podijeljena s 8.760 sati) nešto je potpuno drugačije od vršne vrijednosti potražnje toplinskog kapaciteta za toplom vodom (povezano opterećenje bojlera). Potrošnja tople vode često varira iz dana u dan i ovisi o danu u tjednu i godišnjem dobu.

Pitanja na koja treba odgovoriti

Kako bi se što realnije odredile brojke za cijelo postrojenje iz mješavine izračuna i stvarnih izmjerenih vrijednosti, potrebno je odgovoriti na sljedeća pitanja:

- Kako se u novim zgradama uzimaju u obzir toplinski dobitci?
- Koji je odgovarajući broj radnih sati punog opterećenja za određivanje potražnje toplinskog kapaciteta za grijanje prostora na temelju prethodne potražnje za topline za postojeće zgrade?
- Kako bi se trebao uzeti u obzir udio potražnje toplinskog kapaciteta za grijanje prostora koji ne ovisi o vremenskim uvjetima?

- U kojoj se mjeri uzimaju u obzir dodatni kapaciteti grijanja kako bi se nadoknadili učinci povremenog zagrijavanja u cjelokupnom sustavu?
- Na koju vanjsku temperaturu se odnosi ukupni sustav?

11.3.2 Potražnja za toplinskom energijom prikazana kao karakteristika opterećenja

Zastupljenost potražnje za toplinskim kapacitetom kao karakteristika opterećenja s što realnijim vanjskim temperaturama zahtijeva empirijsku podršku i proizašla je iz praktičnog iskustva s mjerenjima u obnovama i proširenjima većih sustava građevinskih usluga. Velika prednost je u tome što se može jasno prikazati kombinacija numeričkog materijala iz izračuna prethodne potrošnje energije i mjerenja. Ova metoda se provodi i primjenjuje u Excel alatu za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava QM Holzheizwerke [109].

Metoda se temelji na sljedećim temeljnim razmatranjima:

- Grijanje prostora, topla voda u kućanstvu i procesi moraju se razmatrati zasebno za svakog potrošača topline.
- Za standardne stambene zgrade u izračunu se koristi dnevna prosječna vrijednost za potreban toplinski kapacitet za grijanje prostora. Iskustva i brojna mjerenja pokazuju da se grijanje prostora potrebno u stambenim zgradama na određenoj vanjskoj temperaturi (također dnevnom prosjeku) može isporučiti u bilo kojem trenutku u roku od 24 sata - u "paketima", da tako kažemo. Dovoljno je ako je ravnoteža ponovno ispravna nakon 24 sata. Takozvani noćni zastoji stoga su jedva primjetni u normalnim stambenim zgradama. To se posebno odnosi na stambene zgrade izgrađene nakon 1985. godine i za starije zgrade koje su termički obnovljene. Na vrlo niskim vanjskim temperaturama, noćni zastoji također se mogu isključiti ako je potrebno!
- Posebni slučajevi kao što su sustavi sa smanjenim radom vikendom i mogući sustavi ventilacije hladnog zraka dizajnirani su - što je moguće umjerenije - za vršna opterećenja.
- U slučaju akumulacijskih bojlera s unutarnjim ili vanjskim izmjenjivačem topline, potrebni toplinski kapacitet za zagrijavanje vode uzima se u obzir kao najveća prosječna vrijednost koja se javlja, a ne kao vršna vrijednost. Sustavi uglavnom rade s prioritnim krugovima tople vode za kućanstvo (prioritet kotla).
- Za protočne bojlere (stanice za slatku vodu) bez spremnika u stanju pripravnosti, zahtjev za toplinskim kapacitetom za pripremu potrošne tople vode uzima se u obzir kao vršna vrijednost. Za sustave s rezervnim pohranjivanjem, zahtjev za toplinskim kapacitetom također se može uzeti u obzir kao najviša prosječna vrijednost. Mora se uzeti u obzir volumen spremnika u stanju pripravnosti i pitanje rade li sustavi s prioritnim krugovima tople vode (prioritet kotla).

- Čimbenici sigurnosti i nadoplate vršnog opterećenja uzimaju se u obzir za pojedinačne potrošače topline i moraju biti uvjerljivo opravdani. Stoga se svaka zgrada koristi što realističnije u ukupnom izračunu, tako da faktori zatezanja općenito nisu potrebni. Međutim, umjereni faktori prisustva nisu "zabranjeni" (vidi poglavlje 12.2.5). Koristeći pretpostavke napravljene za kupce, kao i sigurnosne marže, uvijek će postojati određeni saldo.
- Prikaz se vrši kao karakteristika opterećenja cijelog sustava. Za grijanje prostora pravi se razlika između udjela ovisnog o vremenu i udjela koji ne ovisi o vremenu. To je neovisno o komponentama koje ne ovise o vremenskim uvjetima za potreban toplinski kapacitet za domaću toplu vodu i procesnu toplinu, kao i gubitke distribucije topline.
- Prosječni kapacitet gubitaka distribucije topline mreže centraliziranog grijanja izračunava se na temelju specifikacija proizvođača.

Velika prednost metode putem karakteristike opterećenja je da se godišnja krivulja trajanja potražnje toplinskog kapaciteta može izračunati iz nje uz pomoć godišnje krivulje trajanja vanjske temperature.

Karakteristika opterećenja

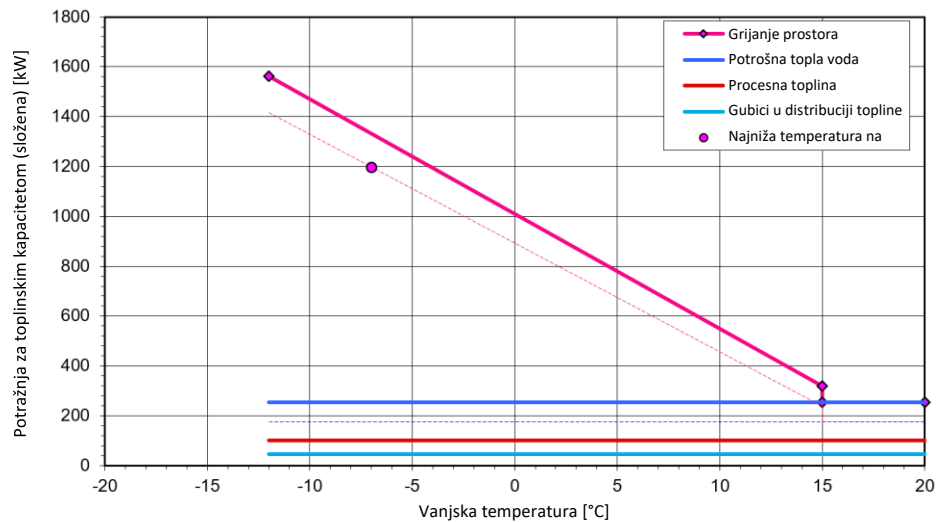
Karakteristika opterećenja je prikaz potražnje toplinskog kapaciteta kao funkcije dnevne srednje vrijednosti vanjske temperature. Za vanjsku temperaturu uvijek se mora upotrebljavati 24-satna prosječna vrijednost, dok potražnja za toplinskim kapacitetom može biti dnevna prosječna vrijednost (npr. za stambene zgrade) ili vršna vrijednost (npr. za zgrade banaka). Karakteristika opterećenja cijelog sustava proizlazi iz slaganja nekoliko karakteristika opterećenja (vidi Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..111**).

Godišnja krivulja trajanja vanjske temperature

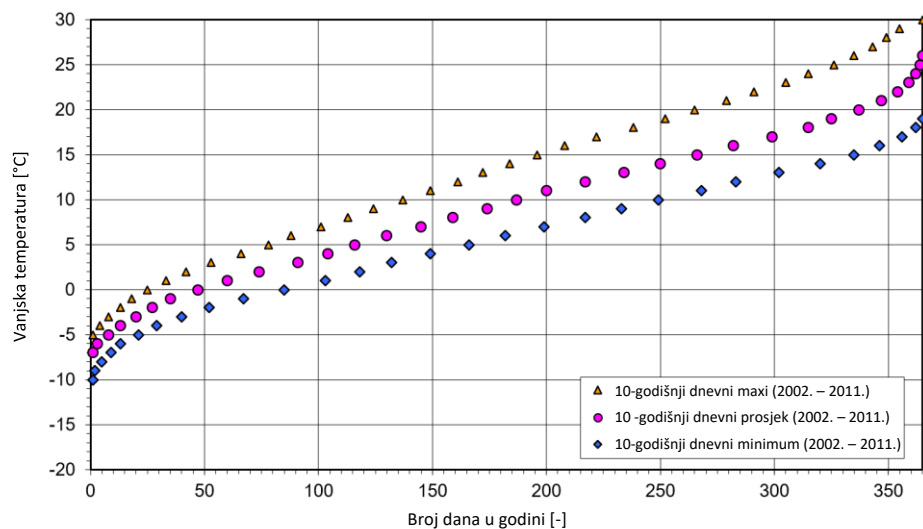
Godišnja linija trajanja vanjske temperature je prikaz kumulativne frekvencije vanjske temperature kao broja dana u godini. Na primjer, iz Slike **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..112** . može se iščitati da je desetogodišnja dnevna srednja vanjska temperatura u Zürichu bila ispod 4 °C tijekom 100 dana.

Godišnja krivulja trajanja potražnje za toplinskim kapacitetom

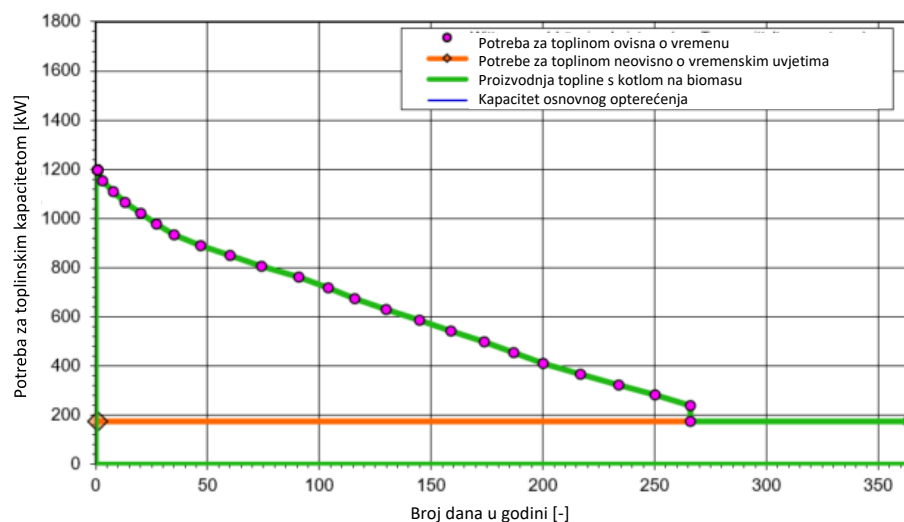
Godišnja krivulja trajanja potražnje za toplinskim kapacitetom proizlazi iz ponderirane karakteristike opterećenja i godišnje krivulje trajanja vanjske temperature. Na Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..113** na primjer, može se vidjeti da potražnja za toplinom prelazi 880 kW na 50 dana. Potražnja za toplinom za tih 50 dana proizlazi iz područja ispod krivulje.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1111** Karakteristike cijelog sustava (čvrsta linija) i ponderirane karakteristike opterećenja (točkasta linija) za izračun godišnje krivulje trajanja potrebnog toplinskog kapaciteta.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..112** Višegodišnje krivulje trajanja vanjske temperature za lokaciju Zurich-Fluntern (desetogodišnja srednja vrijednost 2002.-2011.).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..113** Godišnja krivulja trajanja potrebnog toplinskog kapaciteta, uokvirena zelenom bojom je godišnja količina energije proizvedene biomasom

11.4 Analiza izvora topline

Osim drva, drugi obnovljivi izvori topline sve se više upotrebljavaju za postizanje potpuno obnovljive i CO₂ neutralne opskrbe toplinskom energijom u budućnosti (vidi poglavlje 1.3.2). Za centralizirane toplinske sustave idealna su polazna točka za upotrebu regionalno dostupnih izvora topline.

U skladu s tim, osim analize potražnje za toplinskom energijom i strategije opskrbe drvom (vidjeti poglavlja 11.2. i 12.2.1), stanje (lokalno) dostupnih izvora topline također se mora analizirati u ranoj fazi planiranja. Ovdje je fokus na neutralnosti CO₂, dostupnosti i ekonomskoj učinkovitosti pri dodirivanju izvora topline.

U analizi je korisna i postojeća energetska strategija (npr. glavni energetski plan), kojom se definira koji će se izvori energije koristiti za zgrade, četvrti ili veća opskrba područja.

Po mogućnosti se najprije koriste lokalni izvori energije. Samo u daljnjem koraku trebalo bi uzeti u obzir ne-lokalne izvore energije. Lokalne izvore energije karakterizira činjenica da se ne mogu lako transportirati, ali su obično dostupni u izobilju, kao što su riječna i jezerska voda ili industrijska otpadna toplota. S druge strane, ne-lokalni izvori energije mogu se lako transportirati i skladištiti, ali nisu dostupni svugdje u svakom trenutku (npr. drvo i solarna energija).

Već tijekom početne analize dostupnih izvora topline moraju se prikupiti podaci o raspoloživim uvjetima stanja u smislu kapaciteta i količine energije, kao i o posebnim karakteristikama izvora topline kao što su vremenska dostupnost/profil opterećenja, upravljivost ili razina temperature.

Na temelju tih podataka može se odrediti prioritet i pred odabir nositelja energije/izvora topline, što će se uzeti u obzir pri daljnjem odabiru sustava proizvodnje topline (vidi poglavlje 13).

11.5 Integracija u projektni proces QM za centralizirane sustave toplinske sustave na biomasu

Kao što 2je opisano u poglavlju 2., praćenje kvalitete u skladu s QM-om za postrojenja za biomasu zahtijeva da se za svakog potrošača toplinske topline i za cijeli sustav provede provjera vjerodostojnosti koristeći **Excel alat za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava** [109]. Potreban je izračun ključnih brojeva i karakterističnih krivulja. Q-manager zatim uspoređuje te ključne izračune i karakteristične krivulje s informacijama iz odabrane literature i vlastitih empirijskih vrijednosti.

Procjena potražnje, odgovarajući odabir sustava i korištenje alata Excel iterativni je proces. U projektnom postupku QM za centralizirane toplinske sustave na biomasu potrebna je procjena potražnje i odgovarajući odabir sustava najkasnije u pokazatelju 2. u fazi planiranja dizajna. To se ažurira u okviru ključne točke 3., kada je natječajni projekt spreman i ponavlja se u pokazatelju 5. nakon operativne optimizacije. U okviru ključne etape 4., ako je prihvaćena, trebalo bi provjeriti procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava te ažurirati dokumentaciju o postrojenju.

Sa svakom prekretnicom povećava se razina informacija, ali se stupnjevi slobode smanjuju u skladu s tim. Dok promjena prekretnice 2 često znači samo potez olovkom, u prekretnicama 4 i 5 gradi se postrojenje i pogrešna procjena je u skladu s tim skupa.

Tablica 11.3 daje pregled statusa procjene potražnje i odabira odgovarajućeg sustava za pojedinačne prekretnice i može se koristiti kao kontrolni popis. Iako je stupac "Proizvodnja topline" samo predmet naknadnog odabira sustava (vidi 13. poglavlje), radi jasnoće je ovdje već obrađen.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.** 213 Pregled i kontrolni popis statusa procjene potražnje i odabira odgovarajućeg sustava prema pojedinim pokazateljima

Pokazatelji	Potrošači topline	Distribucijska mreža	Stvaranje topline općenito	Proizvodnja topline na drva
2 Projektiranje i planiranje	<ul style="list-style-type: none"> □ Dostupan je popis potencijalnih potrošača toplinske energije, a najmanje 70% godišnje potrebe za toplinom mora biti osigurano pisanim putem (ugovor ili pismo namjere) □ Za nove zgrade dostupni su podaci o planiranju zahtjeva u pogledu topline, toplinskog kapaciteta i temperature (s različitim stupnjevima točnosti ovisno o napretku projekta). □ Prethodni podaci o potrošnji goriva dostupni su u postojećim zgradama. 	<ul style="list-style-type: none"> □ Plan distribucijske mreže s lokacijom postrojenja i područjem na kojem će biti postavljene cijevi i priključci do kuća □ Mreža centraliziranog grijanja projektirana je prema veličini u smislu nazivnih promjera (još nema preciznog izračuna mreže cijevi / pada tlaka). □ Gubici distribucije topline određeni su u smislu veličine na temelju linearne gustoće topline. 	<ul style="list-style-type: none"> □ Poznata je potrebna potražnja za toplinom, toplinskim kapacitetom i temperaturom (vidi stupac "Potrošači topline"). □ Uzete su u obzir nacionalne, regionalne, općinske strategije te energetske planovi. □ Izvori topline dostupni za odabir analizirani su s obzirom na karakteristike, dostupnost i ekonomsku učinkovitost. □ Odabir sustava (vrsta goriva, vrsta i broj sustava za proizvodnju topline) je napravljen □ Izvršena je dodjela kapaciteta sustavima za proizvodnju topline. □ Način rada ljeti i zimi je fiksiran. 	<ul style="list-style-type: none"> □ Poznata je potrebna potražnja za toplinom, toplinskim kapacitetom i temperaturom (vidi stupac "Potrošači topline"). □ Razjašnjen je raspon goriva i njegova dostupnost. □ Napravljen je odabir sustava (vrsta loženja, monovalentan/bivalentan, broj kotlova). □ Dodijeljena je struja kotlovima. □ Način rada ljeti i zimi je fiksiran.
3 Nabava i ugovaranje	<ul style="list-style-type: none"> □ Utvrđen je popis potrošača topline za prvu fazu širenja i konačno širenje. □ Na početku izgradnje najmanje 60 % godišnje potražnje za toplinskom energijom¹⁾ mora biti osigurano potpisanim ugovorima o opskrbi toplinskom energijom. □ Za nove zgrade dostupni su najnoviji podaci o planiranju zahtjeva u pogledu topline, toplinskog kapaciteta i temperature. □ Za postojeće zgrade provjereni su prethodni podaci o potrošnji goriva i pouzdano je dostupna potražnja za temperaturom (ako je moguće na temelju mjerenja). 	<ul style="list-style-type: none"> □ Utvrđen položaj toplane i trasa glavnih te kućnih priključnih cijevi. □ Konačni dizajn mreže centraliziranog grijanja u smislu nominalnih veličina i pada tlaka je završen. □ Gubici distribucije topline izračunani su na temelju konačnog projektiranja mreže. 	<ul style="list-style-type: none"> □ Izvor topline je uspostavljen i dostupna je odgovarajuća koncesija, ugovor o opskrbi gorivom ili ekvivalentni dokument. □ Navedena je proizvodnja topline ili je dostupan opis s načelnom shemom, funkcionalnim opisom, konceptom mjerenja itd. □ Dostupna je konačna načelna shema s registriranim izlaznim rezultatima, temperaturama i brzinama protoka. 	<ul style="list-style-type: none"> □ Raspon goriva je fiksiran i uspostavljen je odgovarajući ugovor o opskrbi gorivom. □ Standardni krug je naveden ili je dostupan ekvivalentni opis s načelnom shemom, funkcionalnim opisom, konceptom mjerenja itd. □ Dostupna je konačna načelna shema s registriranim izlaznim rezultatima, temperaturama i brzinama protoka.
4 Prihvaćanje	<ul style="list-style-type: none"> □ Popis potrošača toplinske energije je ažuriran. 	<ul style="list-style-type: none"> □ Promjene zbog planiranja implementacije ažurirane su u instalacijskoj dokumentaciji. 	<ul style="list-style-type: none"> □ Promjene zbog planiranja implementacije ažurirane su u instalacijskoj dokumentaciji. 	<ul style="list-style-type: none"> □ Promjene zbog planiranja implementacije ažurirane su u instalacijskoj dokumentaciji.
5 Optimizacija rada	<ul style="list-style-type: none"> □ Operativna optimizacija je završena. □ Sastavljen je popis potrošača topline koji su stvarno povezani u prvoj godini rada. □ Poznata je stvarna potrošnja topline, potrebna vršna snaga i temperaturna potražnja potrošača topline prema popisu. □ Napravljen je usporedba stvarnog preostalog potencijala širenja i mogućih daljnjih potrošača topline (s namjerom povezivanja). □ Ako je potrebno, stvoren je koncept za oglašavanje dodatnih potrošača topline. 	<ul style="list-style-type: none"> □ Operativna optimizacija je završena □ Promjene učinjene tijekom operativne optimizacije ažurirane su u dokumentaciji sustava. □ Poznati su stvarni gubici topline mreže centraliziranog grijanja u prvoj godini rada. 	<ul style="list-style-type: none"> □ Operativna optimizacija je završena. □ Promjene učinjene tijekom operativne optimizacije ažurirane su u dokumentaciji sustava. □ Poznata je stvarna iskorištenost postrojenja za proizvodnju topline (broj radnih sati punog opterećenja). 	<ul style="list-style-type: none"> □ Operativna optimizacija je završena. □ Promjene učinjene tijekom operativne optimizacije ažurirane su u dokumentaciji sustava. □ Poznato je stvarno korištenje kotlova (broj radnih sati punog opterećenja).

¹⁾ QM sustav za postrojenja za biomasu temelji vrijednost na godišnjoj prodaji topline u prvoj fazi izgradnje ili prvih pet godina rada. Vanjski zahtjevi (npr. agencije za financiranje) mogu odstupati od te vrijednosti i trebalo bi ih pojasniti u ranoj fazi planiranja.

12 Projektiranje distribucijske mreže

12.1 Uvod

U poglavljima 2. i 11. detaljno je objašnjen projektni postupak praćenja kvalitete s QM-om sustavom za centralizirane toplinske sustave na biomasu te procjena potražnje i odgovarajući odabir sustava općenito. Poglavlje 12 daje pregled općih zahtjeva za projektiranje distribucije topline, kao i najvažnijih ključnih brojki i pojmova. Više pojedinosti potražite u Priručniku o planiranju mreža centraliziranog grijanja[19].

Kao što je prikazano na slici 8.1, mreža grijanja se sastoji od jedne ili više centralnih toplana, jedne ili više glavnih cijevi, jedne ili više razvodnih cijevi i kućnih priključnih cijevi. Budući da je mreža grijanja skup infrastrukturni projekt s dugim vijekom trajanja, naknadne promjene teško je provesti i povezati s visokim troškovima - isto vrijedi i za otklanjanje nedostataka, kao što su curenje ili puknuće cijevi. Zbog dugog vijeka trajanja potrebno je napraviti pažljivu ravnotežu između promatrane rezerve proširenja s povećanim troškovima ulaganja i gubitaka topline te dimenzioniranja uske linije. Tom teškom zadatku mora se pristupiti situacijski i sa strateškim predviđanjem. U slučaju uskih grla kapaciteta postoje mogućnosti optimizacije kao što su upravljanje opterećenjem, decentralizirano skladištenje topline, snižavanje temperature povrata, integracija decentraliziranih generatora topline ili spoj prstena. U slučaju prevelike mreže grijanja, s druge strane, gotovo da i nema mogućnosti optimizacije osim prodaje više topline.

Distribucija topline ili projektiranje toplinske mreže iterativan je i međusektorski proces i mora se holistički smatrati sustavom s procjenom potražnje, odabirom sustava i širenjem mreže u fazama.

Sljedeća objašnjenja i ključne brojke uzimaju u obzir treću generaciju distribucije topline s temperaturama tople vode < 110 °C, zakopane i trajno povezane predizolirane plastične toplinski izolirane cijevi kompaktne neizravne prienosne stanice (vidi [19], stranica 65 ff.). Završno poglavlje 12.5 bavi se daljnjim razvojem tehnologije mreže centraliziranog grijanja, koju karakteriziraju niže razine temperature i povećanje složenosti zbog integracije različitih sustava.

12.2 Ključne brojke i pojmovi

12.2.1 Potencijalno područje opskrbe

Alati i metode opisani u nastavku za utvrđivanje potencijalnih područja opskrbe služe kao potpora početnoj evaluaciji i gruboj procjeni u studiji izvedivosti (vidi i poglavlje 11). Detaljno planiranje obvezno je za odluku o ulaganju.

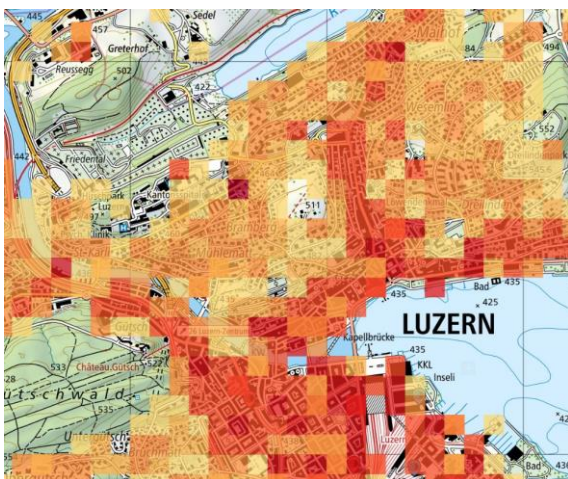
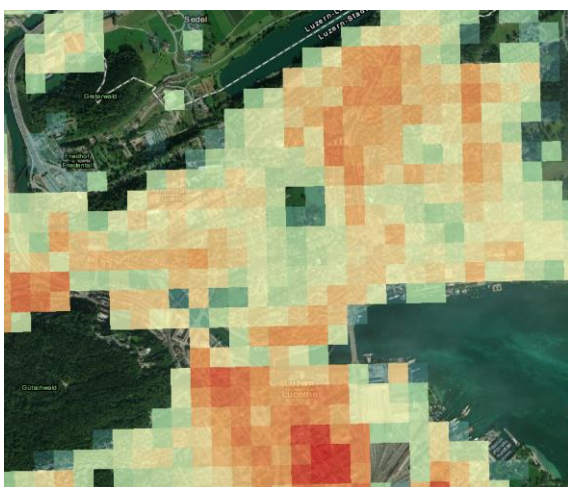
Osim konvencionalne procjene potencijalnih područja opskrbe, sve su dostupniji i digitalni izvori informacija kao

što su GIS alati, katastarske karte ili slično, koji nude podatke o potražnji za grijanjem i hlađenjem, kao i druge korisne informacije. To uključuje, na primjer, sljedeće besplatne internetske softvere (vidi i Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.** 114

- THERMOS [113] koristi se za planiranje i optimizaciju mreža centraliziranog grijanja u skladu sa zahtjevima specifičnim za korisnike i projekte kao što su proračunski, klimatski i energetske ciljevi. Uz THERMOS moguće je trenutno mapiranje i integrirane procjene potražnje za energijom.
- Hotmaps-Toolbox [114] i PETA 5.1 [112] podupiru tijela energetske pružatelja usluga i projektante u strateškom planiranju grijanja i hlađenja na lokalnoj, regionalnoj i nacionalnoj razini. Ta dva alata sadržavaju podatke za procjenu potražnje za grijanjem i hlađenjem u europskim regijama (hotmaps uključujući Švicarsku i Norvešku).
- Od map.geo.admin.ch [115] postoji sličan softver kao Hotmaps-Toolbox za Švicarsku. Sadrži podatke za procjenu potražnje za grijanjem i hlađenjem. Osim toga, mapirano je više od 1.000 postojećih termalnih mreža.

Za procjenu gustoće potražnje za toplinom u području opskrbe toplinom može se ugrubo procijeniti i godišnja potražnja za toplinom za prostorno grijanje, toplu vodu za kućanstva i procesnu toplinu pojedinih zgrada. U tu svrhu koriste se sljedeće metode koje su detaljnije opisane u poglavlju 6.4.2 Priručnika o planiranju mreža centraliziranog grijanja[19]:

- Procjena godišnje potražnje za toplinskom energijom putem referentnog područja energije i kvalitete zgrade.
- Procjena godišnje potražnje za toplinskom toplinom s pomoću obujma zgrade i kvalitete zgrade.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 114THERMOS-a (vrh), Hotmaps alatni okvir (srednji) i map.geo.admin.ch (dno) za grad Lucerne (CH). Obojena polja predstavljaju različite vrijednosti potražnje za grijanjem i hlađenjem.

12.2.2 Gustoća toplinske potražnje

Gustoća toplinske potražnje kriterij je prikladnosti područja opskrbe za spajanje na mrežu centraliziranog grijanja. Odnosi se na godišnju potrošnju topline svih zgrada na površini na ukupnu površinu teritorija. Preporučuje se uporaba Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 22 . za procjenu gustoće toplinske potražnje.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 221 Preporučena gustoća toplinske potražnje zone kao kriterij prikladnosti.

Prikladnost za toplinsku mrežu	Gustoća toplinske potražnje kWh/(m ² *a)
Nije prikladno	< 50
Uvjetno prikladno	50 - 70
Prikladan	> 70

Izveštaji o gustoći potražnje za toplotom

- Obiteljske kuće uglavnom nisu zanimljive (gustoća potražnje za toplotom 15 - 30 kWh/(m²*a)).
- Područja s gustom gradnjom, kao što su višestambene četvrti, sela ili gradska središta, od interesa.
- Gustoća nabave toplinske energije i gospodarska učinkovitost mreže grijanja mogu se poboljšati ako su veliki potrošači koji se nalaze u tom području (ključni kupci) integrirani kao prioritet.
- Mreža grijanja za jednog velikog potrošača obično je zanimljiva samo ako okolna područja imaju i veliku gustoću nabave topline.
- Toplinska mreža može se uspostaviti i za samo nekoliko velikih potrošača, pod uvjetom da odgovarajuća gustoća nabave topline proizlazi iz odgovarajuće lokalne blizine.
- Uz niska ulaganja i troškove goriva ili niske gubitke topline (visoki izolacijski standard, niske temperature opskrbe), područja s manjom gustoćom potražnje za toplotom od 70 kWh/(m²*a) mogu se ekonomski povezati s centraliziranim grijanjem.

12.2.3 Ključni kupci

Osim gustoće nabave topline kao mjere prikladnosti područja, svojstva s velikom potrošnjom topline, koja se nazivaju i ključni kupci, ključna su za gospodarski rad mreže centraliziranog grijanja.

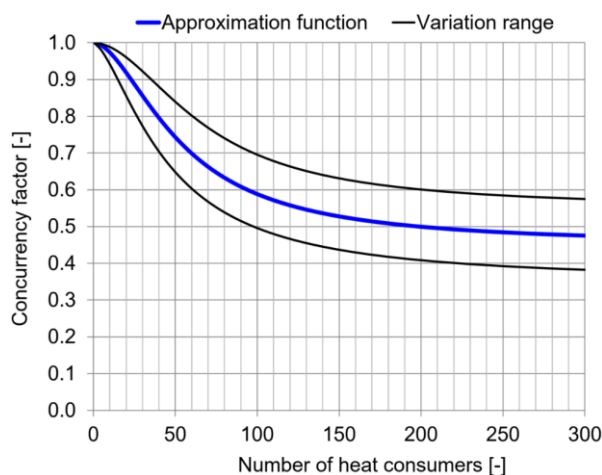
Rano istraživanje ključnih kupaca trebalo bi pojasniti interes za povezivanje i pružiti podatke o planiranju. Često prikladni podaci nisu dostupni za postojeće zgrade ili posebne strukture, posebno za industrije s procesnom toplotom, ili ih je skupo prikupiti. Kako bi troškovi bili niski, u preliminarnoj studiji trebalo bi koristiti usmene upite i kvalificirane procjene.

12.2.4 Stupanj razvoja

U potencijalnom opskrbnom području rijetko su sve zgrade povezane. Posebno u slučaju novih kretanja većih područja opskrbe, na primjer u izvedivosti ili preliminarnoj studiji, godišnja potražnja za toplinskom energijom u određenom području mora se uzeti u obzir s takozvanim stupnjem razvoja ili povezanosti. Stupanj povezanosti trebalo bi razmotriti u skladu sa situacijom i može biti između 50 % i 80 %.

12.2.5 Faktor istodobnosti

Za dimenzioniranje mreže za distribuciju topline mora se uzeti u obzir i faktor istodobnosti. U mreži s mnogim potrošačima topline taj faktor opisuje učinak da ni u jednom trenutku svi potrošači toplinske energije ne crpe maksimalnu snagu istodobno i izračunava se iz maksimalne istodobne potražnje za toplinskim kapacitetom u odnosu na ukupnu potražnju za preplaćenim toplinskim kapacitetom.



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..[19][19]).

Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. prikazuje faktor istodobnosti kao funkciju aproksimacije ovisno o broju kupaca. U skladu s tim, s 10 do 20 kupaca može se očekivati simultanost od oko 95 % u rasponu od 85 % do 100 %. Za veze s više od 100 potrošača topline može se pretpostaviti simultanost od oko 60 %.

Odlučujući čimbenik za određivanje simultanosti je **struktura kupca**. Stalni potrošači procesne topline dovode do veće istovremenosti nego, na primjer, susjedstvo obiteljskih kuća.. Privremena ili sezonska potražnja za toplinskom toplinom smanjuje simultanost, dok sezonska vršna opterećenja dovode do povećanih faktora prisustva, primjerice tijekom blagdana u zimskim sportskim odmaralištima s maksimalnom popunjenošću hotela i apartmana za odmor. Procjena simultanosti temelji se na dubokom poznavanju potrošačke strukture i iskustva.

Kada se koristi **Excel alat za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava** QM za postrojenja za biomasu, treba napomenuti da se ne koristi faktor

istodobnosti, jer se dizajn generatora topline temelji na dnevnoj prosječnoj potražnji za energijom, što znači da je opisan učinak već uzet u obzir, slično faktoru istodobnosti.

12.2.6 Gustoća distribucijske mreže

Pretpostavlja se da su mreže centraliziranog grijanja ekonomski održive ako prihodi od prodaje toplinske energije premašuju troškove proizvodnje topline od kapitalnih i operativnih troškova. Važan pokazatelj za procjenu ekonomske učinkovitosti je gustoća veze (koja se naziva i linearna gustoća topline). Gustoća priključka je omjer između godišnje količine prodane topline u MW/a i ukupne duljine rovova glavnih, odvojnih i kućnih priključnih cjevovoda u metrima. Slično gustoći potražnje za toplinom, linearna gustoća topline također se može izračunati za pojedinačne podmreže ili grane i koristiti za procjenu

Za grubu procjenu bez detaljnijeg poznavanja graničnih uvjeta, područja opskrbe s linearnom gustoćom topline > 2 MWh/(a*m) općenito se smatraju privlačnima u konačnom širenju i cjelogodišnjem radu. Opći uvjeti kao što su prihodi od prodaje topline, povoljni troškovi goriva, niski gubici topline (visoki izolacijski standard, niske temperature mreže) ili povoljni uvjeti izgradnje, kao i investicijske subvencije omogućuju gospodarski rad čak i uz niže gustoće priključka.

Povezivanje malih potrošača u blizini ili duž rute općenito je poželjno i obično nije kritično u smislu gustoće veze. Međutim, ako se mali potrošač nalazi daleko od sljedećeg glavnog ili granskog cjevovoda, smanjuje gustoću veze, zbog čega odgovarajuća veza može biti neprivlačna i mora se ispitati na situacijskoj osnovi. Priključak se može povezati s doprinosom dodatnim troškovima priključka ili povećanom cijenom topline.

Detaljnija objašnjenja opisana su u Priručniku o planiranju mreža centraliziranog grijanja[19] u poglavlju 6.4.4.

12.2.7 Specifični troškovi ulaganja

Specifični troškovi distribucije topline pokazuju širok raspon i uglavnom su određeni uvjetima izgradnje, vrstom cijevi, lokalnim cijenama, napretkom razvoja i gustoćom veze.

U ruralnim područjima troškovi polaganja cijevi za centralizirano grijanje općenito su niži nego u urbanim područjima. U urbanim područjima postojeće servisne cijevi, građevinske konstrukcije, stanje podzemlja, visoki troškovi rekonstrukcije (asfaltiranje, asfaltiranje itd.) kao i teški prometni uvjeti sprječavaju optimalno usmjeravanje cijevi, što ponekad uzrokuje znatne dodatne troškove.

Ako se ciljna vrijednost posebnih troškova ulaganja ne može postići u praćenju kvalitete u skladu s QM-om za postrojenja za biomasu, više vrijednosti mogu se dogovoriti uz savjetovanje s investitorom i pružateljima kapitala. U tom slučaju treba ispitati kako viši posebni troškovi ulaganja u distribuciju topline dugoročno utječu

na gospodarsku održivost, posebno u pogledu mogućih povećanja cijena, na primjer zbog viših cijena goriva. U oba slučaja ekonomsku održivost trebalo bi dokazati poslovnim planom i planiranom bilancom stanja i proračunskim računom dobiti i gubitka. Detaljnija objašnjenja opisana su u poglavlju 10.

12.2.8 Gubici u distribucijskoj mreži

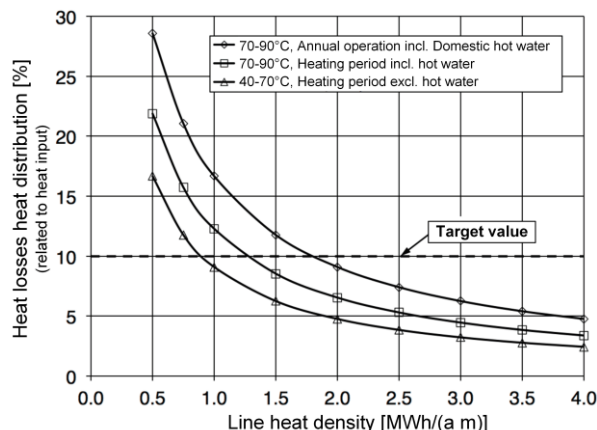
Gubici distribucije topline su, kao i gustoća priključka, važan parametar koji utječe na ekonomsku učinkovitost. Oni ovise o sljedećim čimbenicima:

- Dimenzioniranje cjevovoda
- Performanse izolacije cjevovoda (U-vrijednost)
- Razina temperature protoka i povrata
- Temperaturni profil tijekom rada (konstantno, klizno ili konstantno klizanje)
- Gustoća veze
- Trajanje rada (cjelogodišnji ili sezonski rad).

U radu se gubici distribucije topline određuju kao razlika između količine topline koja se isporučuje mreži centraliziranog grijanja proizvodnjom topline i količine topline koju crpe svi povezani kupci (vidi Priručnik o planiranju mreža centraliziranog grijanja[19] poglavlje 7.1.4. Gubici distribucije topline mogu se uzeti u obzir u apsolutnom ili relativnom smislu, obično u odnosu na količinu topline koja se unosi u sustav. U relativnom smislu, gubici topline ljeti su znatno veći nego zimi, dok je u apsolutnom smislu razlika gotovo zanemariva.

Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..115 prikazani su relativni (postotni) godišnji gubici distribucije topline kao funkcija linearne gustoće topline za različite načine rada i temperature protoka. Zbog učinkovitosti, prema QM-u za postrojenja za biomasu DH, gubici distribucije topline ne bi trebali prelaziti ciljanu vrijednost od 10 % korisne potražnje za toplinskom toplinom. Kako bi se ispunila ciljna vrijednost prema Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..115 moraju se postići različite gustoće veze ovisno o načinu rada, razini temperature i troškovima ulaganja.

U operativnoj mreži grijanja relativni gubici distribucije topline mogu se smanjiti u prvom stupnju povećanjem gustoće veze (kompresije), što poboljšava ukupnu ekonomsku učinkovitost.



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..115 Gubici u distribuciji topline kao funkcija linearne toplinske gustoće za različite načine rada i razine polazne temperature toplinske mreže

12.2.9 Odstupanje od kriterija učinkovitosti

Kao što je već opisano u poglavlju 12.2.6, troškovno učinkoviti uvjeti izgradnje i rada omogućuju ekonomičan rad mreže grijanja čak i uz manju gustoću priključka.

Pri razmatranju neizbježne otpadne topline (npr. procesi i industrija) postoje i proturječni ciljevi u pogledu učinkovitosti (niski gubici distribucije topline) i isplativosti (niska ulaganja). Budući da se izvori otpadne topline često ne nalaze u neposrednoj blizini povezanih kupaca, imalo bi smisla da su dopuštene i niže gustoće priključka za korištenje otpadne topline, na primjer prihvaćanjem većih gubitaka topline za priključnu ili transportnu liniju.

U ovom trenutku ne može se dati konačan odgovor ili preporuka na ovo pitanje. Međutim, u načelu bi u određenim okolnostima trebalo biti moguće dopustiti niže zahtjeve u pogledu učinkovitosti sve dok se uporaba temelji na primjeni koja štedi resurse i uglavnom na izvorima energije koji su neutralni za CO₂. Stoga bi procjenu uvijek trebalo provoditi na situacijskoj osnovi i prilagođavati odgovarajućim okvirnim uvjetima zakonodavca, prihvaćanju stanovništva i još mnogo toga.

12.3 Projektni postupak

Mreža grijanja obuhvaća proizvodnju topline, distribuciju topline i prijenos topline kupcima. Sljedeći opis projektnog procesa uključuje zadatke planiranja distribucije topline od proizvodnje topline do i uključujući isporuku topline kupcima te je detaljno opisan u poglavlju 6 Priručnika o planiranju mreža centraliziranog grijanja[19]. Napravljena je osnovna razlika između faze planiranja i operativne faze.

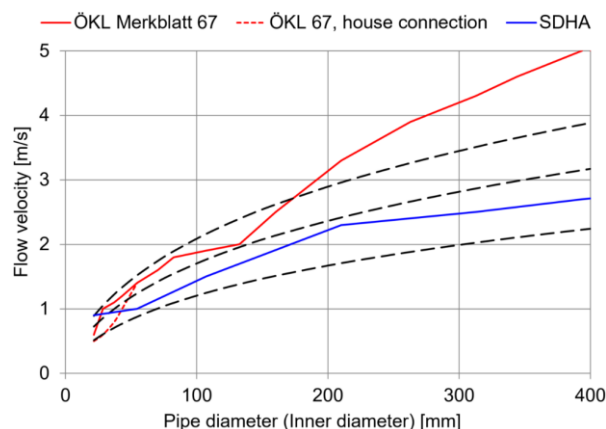
Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 23 prikazuje faze planiranja te odgovarajuće aktivnosti i zadatke. Dimenzioniranje promjera cijevi obrađeno je u sljedećem poglavlju.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 23 Planiranje faze i aktivnosti u skladu s Priručnikom o planiranju mreža centraliziranog grijanja (vidi [19], stranica 103 ff.).

Faza planiranja	Aktivnost / Zadatak
Prije studije	<p>Određivanje potencijalnog područja opskrbe toplotom</p> <p>Određivanje ključnih kupaca</p> <p>Ažuriranje područja opskrbe toplinskom energijom</p> <p>Prva studija ekonomske izvedivosti</p> <p>Odluka o daljnjem razvoju</p>
Planiranje dizajna	<p>Određivanje ključnih kupaca</p> <p>Anketa malih kupaca</p> <p>Određivanje područja opskrbe toplotom</p> <p>Druga analiza ekonomske učinkovitosti</p> <p>Odluka o provedbi</p>
Planiranje javne nabave (nadmetanja)	<p>Projektiranje toplinske mreže</p> <p>Stanice za prijenos specifikacija</p> <p>Građevinska dozvola</p> <p>Ponuda i podnošenje ponuda</p> <p>Treća analiza profitabilnosti</p> <p>Nagrada, izvršenje i prihvaćanje</p>

12.4 Dimenzioniranje promjera cijevi

Promjeri cijevi uvijek se dimenzioniraju na temelju specifičnog gubitka tlaka po metru duljine cijevi u Pa/m. Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 116 prikazuje preporuke za maksimalne brzine protoka prema ÖKL-Merkblatt 67 [101] i prema Švedskom udruženju za centralno grijanje DHA [77]. Za usporedbu, izvlače se brzine protoka koje odgovaraju stalnom specifičnom gubitku tlaka od 100, 200 i 300 Pa/m [121].



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..** 116 Brzine protoka kao funkcija unutarnjeg promjera cijevi s preporukama za maksimalnu brzinu protoka prema ÖKL-Merkblatt 67 [101] i Švedskom udruženju za centralizirano grijanje (DHA) [77]. Osim toga, prikazane su brzine protoka pri konstantnim specifičnim padovima tlaka od 100, 200 i 300 Pa/m [121].

Rezultati praktičnog istraživanja

Praktično istraživanje 52 mreže centraliziranog grijanja pokazalo je da je oko 80 % glavnih i podvrste veće nego što bi bilo učinkovito potrebno [121]. Prekoračenje obično odgovara jednom ili dva, ali u nekim slučajevima i do četiri nominalna promjera, a uzrokuje znatno veće gubitke i troškove topline u usporedbi s mrežom grijanja s najmanjim mogućim promjerom cijevi.

12.4.1 Preporuke za dimenzioniranje

Dimenzioniranje promjera cijevi temelji se na planiranom ili izuzetom konačnom proširenju. Zbog dugog vijeka trajanja, dugoročno strateško razmatranje je neophodno, ali i povezano s odgovarajućim neizvjesnostima i poteškoćama. Mora se uspostaviti pažljiva ravnoteža između mogućnosti proširenja iz predostrožnosti s povećanim troškovima ulaganja i toplinskim gubicima i općenito tijesnim dimenzioniranjem cjevovod.

Osim toga, mora se uzeti u obzir odgovarajući izbor sustava cijevi i izolacijskih standarda, tlaka, situacija i metoda ugradnje, kao i praćenje prijenosa podataka i curenja. Osim toga, postoje statičke i radne temperature specifikacije cijevi kao što su kontinuirana radna temperatura zimi i očekivana povratna temperatura.

Na temelju gore navedenih graničnih uvjeta, promjeri cijevi dimenzionirani su prema sljedećim **preporukama**:

- Hrapavost hidrauličke cijevi $k \leq 0,01 \text{ mm}$
- Projektiranje pojedinačnih pod-cjevovoda za specifični pad tlaka od 250 Pa/m do 300 Pa/m
- Kontrolna varijabla za dulje dijelove cjevovoda različitih nazivnih promjera (npr. kritični čvor) s

prosječnim specifičnim padom tlaka od 150 Pa/m do 200 Pa/m

Za početnu procjenu i dimenzioniranje prijenosni kapaciteti pri različitim temperaturnim rasponima i specifični gubici tlaka prikazani su grafički za različite sustave cijevi u Priručniku o planiranju mreža centraliziranog grijanja (vidi [19], stranica 191 ff.).

12.4.2 Postupak dimenzioniranja

Postupak dimenzioniranja mreže grijanja detaljno je opisan u poglavlju 7.3 Priručnika o planiranju mreža centraliziranog grijanja (vidi [19], stranica 130 ff. i stranica projektnih tablica 191 ff.).

Početna točka je plan cjevovoda ili dijagram cjevovoda u kojem su cijevi podijeljene na dijelove. Dio se definira kao cijev bez grane i promjene nazivnog promjera. Za dizajn za dionice moraju biti definirane sljedeće informacije:

- Numeriranje dionice
- Toplinski kapacitet dionice
- Tijek dionice
- Duljina dionice
- Pojedinačni otpori dionice (razmatranje promjena smjera i učvršćenja)
- Prvo dimenzioniranje cijevi dijela.

Važno: Određivanje optimalnog nazivnog promjera je iterativni proces.

12.4.3 Metode izračuna

Proračun gubitka tlaka i dimenzioniranja cjevovoda može se izvesti na različite načine, bilo ručno uz pomoć tablica, grafikona i obrazaca za proračun cijevne mreže ili pomoću posebnih programa za proračun.

U tu svrhu dostupan je velik broj programa za izračun mreže cijevi (npr. iz tehnologije izgradnje i ugradnje). Neki od njih koriste se samo za izračun gubitaka tlaka, kao što je alat Excel za gubitak tlaka sa Sveučilišta primijenjenih znanosti i umjetnosti Lucerne [122].

Postoje i sveobuhvatniji programi izračuna posebno za primjene centraliziranog grijanja koji su prikladni za izračunavanje velikih mreža grijanja. Oni često imaju sveobuhvatna sučelja za uvoz i izvoz podataka (npr. GIS podaci) i obuhvaćaju sve aspekte izračuna relevantne za centralizirano grijanje, kao što su gubitak tlaka, gubitak topline, kritični čvor, dimenzioniranje, optimizacija, analiza mreže i drugo. Postoji niz komercijalno dostupnih programa izračuna kao što su:

- STANET inženjerskog ureda Fischer-Uhrig [123]
- ROKA GS računalnog centra za opskrbne mreže Wehr GmbH [124]
- SIR-3S iz 3S-Consult GmbH [125]
- THENA iz Verenum AG [106]

Većina programa ima unaprijed postavljene vrijednosti (npr. za hrapavost cijevi), ali one se ne smiju koristiti bez

pažljive provjere. Svi relevantni parametri izračuna obično se slobodno mogu konfigurirati i uvijek ih treba pažljivo provjeriti i postaviti.

12.5 Razvoj tehnologije toplinske mreže

Klasične mreže daljinskog grijanja prenose toplinu od izvora (generatora topline) s polaznom temperaturom od $> 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, 60, a ponekad i do $> 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ do ponora (potrošači topline) i prema slici 12.5 nazivaju se visoko temperaturne mreže. Služe za opskrbu zgrada grijanjem prostora i potrošnom toplom vodom kao i procesima.

Nisko temperaturne mreže odnose se na mreže za razmjenu topline koje rade na temperaturama ispod $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. To omogućuje izravnu opskrbu za grijanje prostora do donje granice od oko $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Decentralizirane toplinske pumpe potrebne su za pripremu tople vode u kućanstvu. Pri temperaturama protoka ispod $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vidi Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..117**) decentralizirane toplinske crpke potrebne su i za grijanje prostora i za pripremu tople vode u kućanstvu. Nisko temperaturne mreže mogu se koristiti i kao izvor decentraliziranih toplinskih crpki koje opskrbljuju nizvodno konvencionalne visoko temperaturne distribucijske mreže.

Na temperaturama ispod $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ rešetka može poslužiti i kao hladnjak, a time i za hlađenje. U potonjem slučaju, aplikacija se naziva i okružno hlađenje. Primjene za distribuciju topline ispod $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ponekad se nazivaju i "hladno centralizirano grijanje" ili "anergijska mreža". Budući da je "anergijska mreža" fizički neprecizna, ovaj se pojam ne koristi u ovom dokumentu.

Toplinske mreže služe kao generički pojam za mreže za prijenos topline na svim razinama temperature (vidi Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..117**). Kao što je gore opisano, razlikuju se na temelju **temperature protoka**. Osim toga, postoje i različiti **načini rada** s obzirom na smjer strujanja vode (smjerni ili nesmjerni) i protok energije u sustavu (jednosmjernan ili dvosmjernan; vidi [126]).

Trend u razvoju tehnologije daljinskog grijanja, posebno i za postojeće visoko temperaturne mreže, je prema nižim temperaturama sustava kako bi se omogućila niska i učinkovita distribucija topline, povećala učinkovitost i prinos obnovljivih izvora topline te razvili novi nisko temperaturni izvori topline. eđutim, odabir temperature sustava i mrežne tehnologije uvelike ovisi o dostupnim izvorima topline i okvirmim uvjetima dotičnog projekta. Sukladno tome, nisko temperaturne mreže nisu uvijek prikladnije od visoko temperaturnih mreža.

Tipični izvori fosilne topline za opskrbu centraliziranim grijanjem (fosilna postrojenja kogeneracije, plinski kotlovi) više neće biti dostupni kao izvori topline u srednjoročnom razdoblju. Ostali visoko temperaturni izvori topline za centralizirano grijanje, kao što su otpadna toplina CHP-a od spaljivanja otpada i postrojenja za grijanje na drva i postrojenja za opskrbu

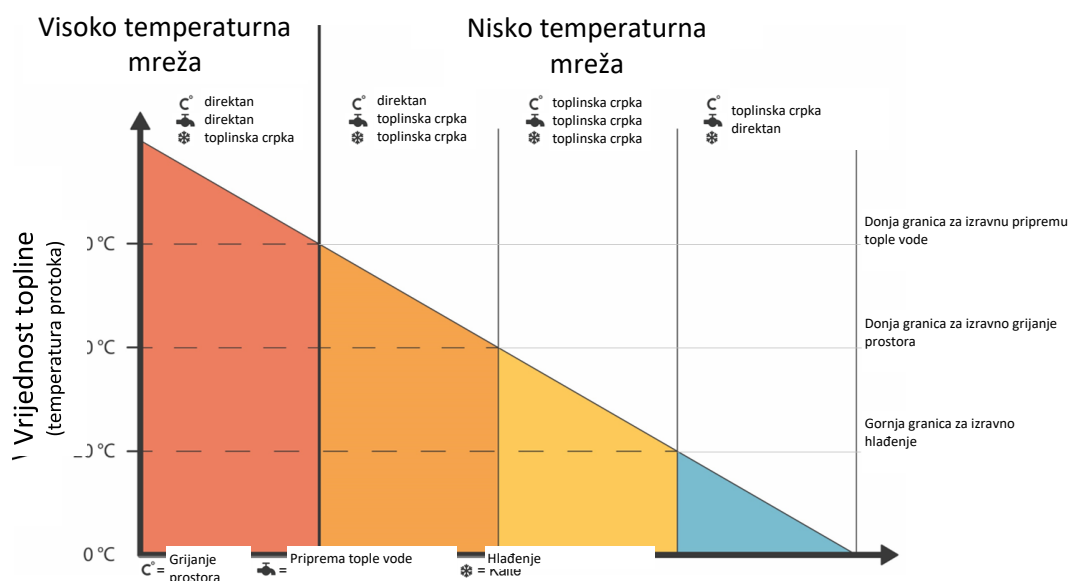
električnom energijom, u budućnosti će se sve više nadopunjavati drugim **obnovljivim izvorima energije** i drugim izvorima otpadne topline:

- Ekološka toplina kao izvor topline za središnje i decentralizirane toplinske crpke za grijanje ili kao hladnjak za pasivno hlađenje zgrada (besplatno hlađenje) uz uporabu:
 - Površinske vode (jezera i rijeke)
 - Podzemne vode (različite dubine)
 - Geotermalna energija (osobito izmjenjivači topline bušotina).
- Otpadna toplina iz različitih izvora energije, uključujući termoelektrane, fosilne ili električno

pogonjene industrijske procese, kao i otpadnu toplinu iz rashladnih postrojenja, zgrada i otpadnih voda te, ovisno o regiji, i iz geotermalnih elektrana.

- Fosilna goriva (za vršno opterećenje i redundanciju, ograničena u budućnosti)

Osim toga, ambijentalni zrak i sunčevo zračenje dostupni su kao izvori topline. Za toplinske pumpe/crpke, izvori topline osim zraka (na primjer morska voda ili geotermalna toplina) učinkovitiji su za potrebne temperature i izlaze. Ovisno o regiji i općim uvjetima, solarna toplinska energija već se koristi u različitim oblicima i njezina će se uporaba nastaviti povećavati.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1175** Klasifikacija toplinskih mreža kao funkcije temperature protoka (prema [126] s dodacima).

Energija iz biomase kao obnovljivog resursa i dalje će imati važnu i potpunu ulogu u budućoj opskrbi toplinskom energijom zbog njezine regionalne dostupnosti, upravljivosti i fleksibilnosti (vidi poglavlje 1.3.2). Posebne prednosti niskih temperatura toplinske mreže nastaju za daljinska postrojenja na biomasu zbog smanjenih gubitaka prijenosa, a posebno u kombinaciji s kondenzacijom dimnih plinova, gdje se znatno veći prinosi mogu postići pri niskim temperaturama opskrbe (vidi poglavlje 13).

Toplane na biomasu mogu se integrirati u nisko temperaturne koncepte na različite načine. Na primjer, kaskadno korištenje topline može se postići odvajanjem topline od povrata za nisko temperaturne podmreže. Suprotno tome, nisko temperaturni izvor topline može se integrirati u toplinsku mrežu putem nisko temperaturnog transportnog cjevovoda i središnje toplinske pumpe.

Postoje mnogi aktualni i planirani projekti za daljnji razvoj koncepata i tehnologija u području toplinskih mreža. Neki od njih su pilot i demonstracijska postrojenja, koja nisu uvijek u potpunosti razvijena za tržište ili su previše specijalizirana. Cilj QM-a za centralizirane toplinske sustave na biomasu i ovog Priručnika za planiranje je

učinkovit rad postrojenja i termičkih mreža na biomasu s niskim emisijama. Na temelju toga mogu se formulirati sljedeća opća načela za toplinske mreže i interakciju različitih obnovljivih izvora topline:

- Najbolje moguće i štedljivo korištenje svih regionalno dostupnih izvora topline
- Korištenje lokalnih izvora prije lokalnih izvora
- Konfiguracija sustava i dimenzioniranje pojedinih generatora topline i spremnika topline vrši se tako da svi izvori topline rade u optimalnim i dopuštenim radnim uvjetima (kapacitet, temperatura).
- Minimiziranje gubitaka topline u mreži grijanja

Čim postrojenja za biomasu budu dio cjelokupnog sustava, trebalo bi primijeniti načela i preporuke ovog Priručnika za planiranje učinkovitog rada kotlova na biomasu s niskim emisijama ili, koliko je to moguće, (vidi poglavlje **Pogreška! Izvor reference nije pronađen..**). Nadalje, iz trenutnog stanja znanja ne mogu se izvesti opće valjane preporuke o tome koji su koncepti održivi, a koji nisu. Može se pretpostaviti da, s obzirom na veliki broj koncepata, neće svi dugoročno biti uspješni.

Kako bi se analizirala trenutačna situacija, u programu "Thermische Netze" EnergieSchweiza [115]. Osim dviju

klasičnih mreža centraliziranog grijanja, u analizi je opisano i sedam studija slučaja toplinskih mreža s temperaturama protoka ispod 40 °C [127]. "Vodič za provedbu nisko temperaturnog centraliziranog grijanja" Međunarodne agencije za energiju (IEA) [128] nudi daljnju literaturu na temu nisko temperaturnih mreža i velik broj demonstracijskih primjera.

13 Odabir sustava proizvodnje topline

13.1 Uvod

Nakon što su iz procjene potražnje i dizajna distribucije topline poznati važni osnovni podaci kao što su godišnja proizvodnja topline i ukupna potražnja za toplinskim kapacitetom, poglavlje 13 bavi se dizajnom proizvodnje topline. Ovisno o ukupnoj potražnji za topline i željenoj raspodjeli potražnje za topline među generatorima topline, odabire se osnovna varijanta sustava za proizvodnju topline. Trebalo bi ispitati i uključivanje drugih obnovljivih izvora topline i sustava obnovljivih generatora topline, primjenu mjera za povećanje učinkovitosti i mogućnosti kombinirane topline i energije. Odabir generatora topline utječe na dizajn sustava grijanja, hidraulike i sustava dimnjaka. Moraju se osigurati pravna pitanja, sigurnost, zaštita od buke i zahtjevi u pogledu emisija.

13.2 Ekološka usporedba s drugim izvorima topline

13.2.1 Pregled

Prilikom odabira sustava grijanja danas, kompatibilnost ili održivost okoliša uvijek su u prvom planu, kao i troškovi. Iako precizna i općenito valjana procjena kompatibilnosti okoliša nije moguća, dostupni su različiti parametri i metode koji se mogu koristiti za kvalitativnu usporedbu različitih varijanti u okviru planiranja sustava.

Ako je potrebno procijeniti samo lokalni utjecaj, na primjer na buku ili okolni zrak, mogu se provesti odgovarajuća istraživanja o radu sustava. U slučaju kvalitete zraka korisna je usporedba emisija različitih sustava grijanja. Emisijske faktore za pojedine vrste postrojenja prikupljaju tijela nadležna za zaštitu okoliša, redovito ažuriraju i, na primjer, u Švicarskoj ih stavlja na raspolaganje Savezni ured za okoliš u "Informativnom članku o emisijskim čimbenicima za peći" [129].

Međutim, za detaljniju procjenu moraju se uzeti u obzir učinci uzlaznih i silaznih procesa kao što su izgradnja postrojenja, nabava goriva, pomoćna potrošnja energije i zbrinjavanje tijekom cijelog procesa i očekivanog vijeka trajanja postrojenja. Sveobuhvatna procjena provodi se procjenom životnog ciklusa (LCA).

Za procjenu energetske postrojenja posebno su važni energetska učinkovitost i klimatski utjecaj, koji se mogu kvantificirati na sljedeći način:

- **Procjena energetske učinkovitosti** (uglavnom se odnosi na primarnu energiju): Kumulativna potražnja za energijom (uglavnom navedena kao primarni energetski faktor) i izborna izvedena iz toga razdoblje povrata energije kao i sektor prikupljanja energije

- **Procjena klimatskog učinka:** Određivanje ukupnih emisija stakleničkih plinova (ekvivalent CO₂ ili stakleničkih plinova)

Iako prikupljanje tih podataka zahtijeva računovodstvo životnog ciklusa, dobiveni podaci opisuju jedan fizički subjekt koji se može kvantificirati bez subjektivnog ponderiranja različitih učinaka.

Ako je potrebna sveobuhvatna procjena različitih učinaka na okoliš, pojedinačna područja okoliša mogu se zasebno procijeniti (npr. "kritične količine" u obliku pokazatelja kritičnog volumena zraka, kritičnog volumena vode, volumena otpada i ekvivalenta energije). U Njemačkoj se u tu svrhu koristi metoda evaluacije "pokazatelja utjecaja UBA-e" koju je razvila Savezna agencija za okoliš (UBA). Cilj ove metode je rangiranje različitih utjecaja na okoliš, što zahtijeva subjektivnu procjenu pojedinačnih učinaka.

U drugim metodama učinci na okoliš agregiraju se u jedan pokazatelj. To se, primjerice, postiže "metodom ekološke oskudice" koja se u Švicarskoj koristi za takozvane "točke utjecaja na okoliš" (EIP), što također zahtijeva subjektivno ponderiranje pojedinačnih učinaka na okoliš. U Švicarskoj se određivanje EIP-a koristi za procjenu održivosti u građevinskom sektoru. Odgovarajući podaci dostupni su u preporuci "Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren" - Koordinacijska konferencija tijela za izgradnju i nekretnine javnih graditelja (KBOB). To pokazuje podatke o faktoru primarne energije, emisijama stakleničkih plinova i utjecaju na okoliš [130].

U nastavku opisane su karakteristike navedenih metoda.

Procjena energetske učinkovitosti**Kumulativna potražnja za energijom (CED)**

CED obuhvaća ulaznu energiju za proizvodnju, uporabu i zbrinjavanje sustava ili proizvoda [131]. U pravilu se procjenjuje primarna energija, a CED se zatim naziva i "**faktor primarne energije**". Razdoblje povrata energije može se odrediti iz CED i godišnje proizvodnje energije.

Faktor žetve HF = CEP/CED

Ako se za sustav pretpostavi i očekivani vijek trajanja, faktor prikupljanja energije (HF) također se može odrediti iz CED i kumulativne proizvodnje energije (CEP) tijekom životnog vijeka. Prema toj definiciji, $HF < 1$. Vrijednost HF može se koristiti, na primjer, za usporedbu dvaju sustava za energetske uporabu biomase. Za usporedbu sustava grijanja na lož ulje sa sustavom grijanja na drva, međutim, ova definicija nije korisna. U tu svrhu faktor žetve može se odrediti pod uvjetom da se obnovljiva primarna energija računa kao potražnja, dok se obnovljiva primarna energija ne uzima u obzir.

S indeksom RE za obnovljivu energiju primjenjuje se:

$$HF_{FRE} = CEP/CED$$

S indeksom NR za obnovljivu energiju primjenjuje se:

$$HF_{FNR} = CEP/CED$$

U pravilu se za fosilne izvore energije primjenjuje sljedeće:

$$HF = HF < 1 \text{ i za obnovljive izvore energije:}$$

$$HF > 1 > HF.$$

Ova metoda omogućuje usporedbu učinkovitosti resursa različitih energetskih sustava, pri čemu $HF > 2$ do > 10 moguć za obnovljive izvore energije, a $EFNE < 1$ za obnovljive izvore energije.

Za CED vrijedi i sljedeće:

$$CED + CED = CED$$

Procjena klimatskog utjecaja**Ekvivalent stakleničkih plinova (GHG)**

Vodena para, CO₂, metan (CH₄) i brojni drugi plinovi i čestice u atmosferi utječu na proračun Zemljinog zračenja, koji je opisan kao efekt staklenika. Ekvivalent CO₂ ili ekvivalent stakleničkih plinova služi kao mjera promjene efekta staklenika. To opisuje doprinos spoja efektu staklenika u usporedbi s CO₂ tijekom određenog vremenskog razdoblja. Obično se razmatra razdoblje od 100 godina. Na primjer, 100 godina 1 kg metana (CH₄) ima ekvivalent CO₂ od 28 kg CO₂. Za dušikov oksid ("plin za smijanje", N₂O) ova vrijednost je 265. Ako se tijekom životnog ciklusa zbroje sve emisije procesa relevantne za staklenike, može se odrediti ekvivalent stakleničkih plinova. Za fosilna goriva u ekvivalentu GHG-a obično prevladava CO₂. Za druge procese može biti važan i CH₄ (npr. bioplin) ili N₂O (npr. uzgoj usjeva).

Procjena životnog ciklusa s procjenom različitih utjecaja na okoliš u različitim kategorijama utjecaja

Primjeri su CML metoda s 14 kategorija ili Metoda eko-pokazatelja s 9 kategorija (radioaktivnost, iscrpljivanje ozona, teški metali, karcinogenost, ljetni smog, zimski smog, pesticidi, efekt staklenika,

zakiseljavanje i eutrofikacija). Ove metode omogućuju sažetu usporedbu brojnih utjecaja na okoliš. Međutim, ako se, na primjer, drvo uspoređuje s naftom u jednoj slici, potrebno je ponderiranje efekta staklenika.

Procjena životnog ciklusa s procjenom prema ekološkoj oskudici

Ovdje se procjena provodi u odnosu na regionalne ciljeve ili ciljeve za pojedine zemlje i zbrajanjem točaka utjecaja na okoliš. Ova metoda omogućuje jednostavnu procjenu osjetljivosti važnih čimbenika utjecaja kao što su emisije iz sustava grijanja drva. Međutim, ukupna procjena usmjerena je na subjektivnu ciljnu definiciju kao što je prekoračenje ili padanje ispod nacionalnih graničnih vrijednosti.

13.2.2 Primjeri

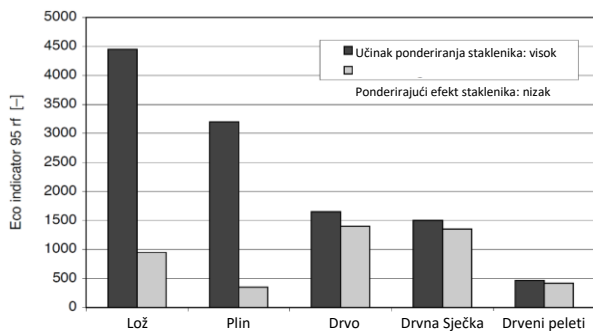
Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.** 24. prikazuje usporedbu faktora žetve HFNR (bez procjene korištene obnovljive energije) različitih sustava grijanja, u kojima je ispitan i utjecaj mreže centraliziranog grijanja. Najviše vrijednosti automatskih sustava grijanja drva od 13,0 postižu se sustavima bez mreže centraliziranog grijanja. Unosi i gubici mreže dovode do nešto nižih faktora žetve od oko 9 za tipične gustoće veze. Pri niskoj gustoći spajanja faktor žetve se smanjuje.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.** 241 Faktor žetve HFNR različitih sustava grijanja naveden u TJ korisnoj toplini po TJ obnovljivoj primarnoj energiji. Za centralizirano grijanje utjecaj linearne gustoće topline prikazan je i u MWh/(a*m). Podaci prema [131].

Lanac opskrbe	HFNR [TJ/TJ]
Drveni peleti	8.3
Drvena sječka s centralnim grijanjem pri 0,6 MWh/(a*m)	7.9
Drvena sječka s centralnim grijanjem pri 1,5 MWh/(a*m)	9.0
Drvena sječka s centralnim grijanjem pri 3 MWh/(a*m)	9.4
Drvena sječka bez centralnog grijanja	13.0
Kotao na cjepanice	13.8
Kotao na loživo ulje s kondenzacijom dimnih plinova	0.71
Grijanje na prirodni plin kondenzacijom dimnih plinova	0.74

Budući da sustavi grijanja nafte i plina postižu faktor žetve između 0,71 i 0,74, sustavi grijanja na drva postižu učinak zamjene za neobnovljive izvore energije koji je veći za faktor od 10 do 20. Potencijal zamjene proizlazi iz omjera faktora žetve sustava grijanja na drva i sustava fosilnog grijanja (npr. $14/0,7 = 20$). To znači da jedna litra nafte uložene u izgradnju i rad sustava grijanja na drva zamjenjuje 10 do 20 litara nafte potrebne za sustav grijanja na lož ulje s jednakim koristima. Budući da fosilni izvori energije uzrokuju CO₂, taj je čimbenik također pokazatelj zamjene emisija fosilnog CO₂.

Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..118** . prikazan je primjer procjene životnog ciklusa u skladu s metodom ekoloških pokazatelja. Budući da su svi učinci na okoliš kombinirani u jedan pokazatelj, redoslijed ispitivanih varijanti ovisi o ponderiranju efekta staklenika. Uz "visok" ponder efekta staklenika, grijanje na drva ocijenjeno je znatno boljim od fosilnog grijanja, dok s "niskim" ponderiranjem efekta staklenika najbolje funkcionira grijanje na plin, što ilustrira problem agregiranog ponderiranja.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1181** Utjecaj na okoliš kao ekološke indikatorske točke po TJ-u korisne energije za sustave grijanja nafte, plina i drva za ponderiranje varijanti efekta staklenika "visok" i "nizak" prema podacima [[132] Više od 80 % vrijednosti trupaca i drvne sječke posljedica je emisija fine prašine i dušikovog oksida. Za moderne sustave grijanja drvne sječke s finim separatorima prašine vrijednost bi bila oko jedne trećine.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 25** prikazan je izvadak iz koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (Preporuka KBOB-a) [130] za procjenu održivosti u građevinskom sektoru u Švicarskoj. Podaci o faktoru primarne energije i kumulativnim izdacima za energiju prikazani su na Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..119** (lijevo) na kojoj se procjenjuje samo neobnovljiva primarna energija (indeks NR). Podaci pokazuju da energetske drveni sustavi postižu visoke faktore žetve i mogu smanjiti potrošnju neobnovljive energije za oko 80 % do 90 % u usporedbi s lož uljem i prirodnim plinom. Sličan učinak postiže se i u pogledu emisija stakleničkih plinova, kao što je

prikazano na Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..120** . (lijevo).

S druge strane, Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..120** . (desno) pokazuje da su razlike u točkama utjecaja na okoliš manje od razlika pri razmatranju primarne energije ili efekta staklenika. Uzimajući u obzir sve utjecaje na okoliš, prednost prirodnog plina u odnosu na lož ulje postaje veća, dok prednosti sustava grijanja drva u odnosu na sustave fosilnog grijanja postaju manje.

Međutim, u narednim desetljećima najveći prioritet moraju se dati emisijama stakleničkih plinova jer je najvažniji izazov postizanje klimatskih ciljeva. Kao što Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..120** . (lijevo), grijanje biomase i solarni toplinski sustavi posebno su povoljni u pogledu emisija stakleničkih plinova. Toplinske pumpe su također zanimljive, pod uvjetom da rade s niskom CO₂ električnom energijom. Podaci za toplinske crpke prikazani u tablici 13.2. primjenjuju se na kupnju električne energije iz mreže u Švicarskoj s 0,102 kg CO₂ po kWh električne energije. Za druge zemlje mora se uzeti u obzir odgovarajući intenzitet CO₂ električne energije. Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 25** prikazuje podatke za Austriju, Njemačku i Italiju. Električna energija u tim zemljama ima veći intenzitet CO₂ za faktor od oko 2, 4 i 6. Za faktor 2 smanjuje se prednost toplinskih crpki u odnosu na fosilno grijanje, faktor 4 rezultira slično visokim emisijama stakleničkih plinova, dok za električnu energiju s visokim emisijama CO₂ s faktorom 6 toplinske pumpe rezultiraju većim emisijama CO₂ od fosilnog grijanja.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 25** Primarni energetski faktor ili kumulativna potražnja za energijom (CED), faktor žetve (HF), emisije stakleničkih plinova (GHG) i točke utjecaja na okoliš (EIP) različitih sustava grijanja povezanih s korisnom proizvedenom toplinom. Faktor berbe HF_{NR} izračunat je kao recipročan CED. Podaci za toplinske pumpe primjenjuju se na Švicarsku mješavinu električne energije, čije su karakteristične vrijednosti navedene na kraju tablice. Podaci prema [130] osim podataka o električnoj energiji u Austriji, Njemačkoj i Italiji prema [133].

	Primarna energija (ekvivalent nafte) = kumulativna potražnja za energijom CED			Faktor žetve	Emisije stakleničkih plinova	Točke utjecaja na okoliš
	Neobnovljivo (CEDNR)	Obnovljivo (CEDRE)	Ukupno (CED)	Neobnovljivo ($HF_{NR} = 1/CEDNR$)	GHG	EIP
Kotlovi ¹⁾	kWh/kWh _{Qu}			kWh _{Qu} /kWh	kg _{CO2} /kWh _{Qu}	EIP/kWh _{Qu}
Dodatno svjetlo lož ulje	1.300	0.007	1.31	0.77	0.322	251.0
Prirodni plin	1.160	0.005	1.17	0.86	0.249	151.0
Drvo	0.194	1.580	1.77	5.2	0.045	152.0
Drvo trupaca s filtrom čestica	0.198	1.580	1.78	5.1	0.046	144.0
Drvena sječka	0.097	1.420	1.52	10.3	0.020	116.0
Drvena sječka s filtrom čestica	0.100	1.420	1.52	10.0	0.020	106.0
Peleti	0.210	1.320	1.53	4.8	0.038	108.0
Peleti s filtrom čestica	0.213	1.320	1.53	4.7	0.038	103.0
Bioplin	0.330			3.0	0.142	121.0
Zrak/voda toplinske pumpe (godišnji COP 2.8)	0.908			1.1	0.063	149.0
Toplinska pumpa sa solarnim kolektorom (godišnji COP 3,9)	0.665			1.5	0.046	110.0
Pločasti kolektor DHW SFH	0.275			3.6	0.037	102.0
Pločasti kolektor SH+DHW SFH	0.221			4.5	0.034	90.0
Pločasti kolektor DHW MFH	0.086			11.6	0.014	40.7
Vakuumski cijevni kolektor SH+DHW SFH	0.193			5.2	0.031	76.5
Daljinsko grijanje ²⁾	kWh/kWh _{hend}			kWh _{hend} /kWh	kg _{CO2} /kWh _{hend}	EIP/kWh _{hend}
Toplana za biomasu	0.143	1.580	1.72	6.99	0.050	120.0
Kogeneracija na biomasu	0.128	1.330	1.46	7.81	0.042	102.0
Toplinska pumpa za otpadne vode u toplani (godišnji COP 3.4)	0.894			1.1	0.041	124.0
Toplinska pumpa za podzemne vode u toplani (godišnji COP 3.4)	0.963			1.0	0.062	155.0
Daljinsko grijanje od spaljivanja otpada (prosječni CH)	0.452			2.2	0.089	75.5
Postrojenje za CHP bioplina	0.207			4.8	0.079	72.9
Električna energija iz mreže ²⁾	kWh/kWh _{hend}			kWh _{hend} /kWh	kg _{CO2} /kWh _{hend}	EIP/kWh _{hend}
Švicarska (ch- mix potročaša)	2.520	0.488	3.01	0.40	0.102	347.0
Austrija ³⁾	0.820	0.980	1.80	1.22	0.2024 ¹⁾	170.0
Njemačka ³⁾	1.760	0.830	2.59	0.57	0.4275 ¹⁾	400.0
Italija ³⁾	2.760	0.320	3.08	0.36	0.610	489.0

Kratice: COP: koeficijent performansi, Q_{u} : korisna toplina, DHW: topla voda za kućanstvo, SH: grijanje prostora SFH: višestambena kuća, MFH: obiteljska kuća

¹⁾ Za kotlove referentna vrijednost je 1 kWh korisne topline.

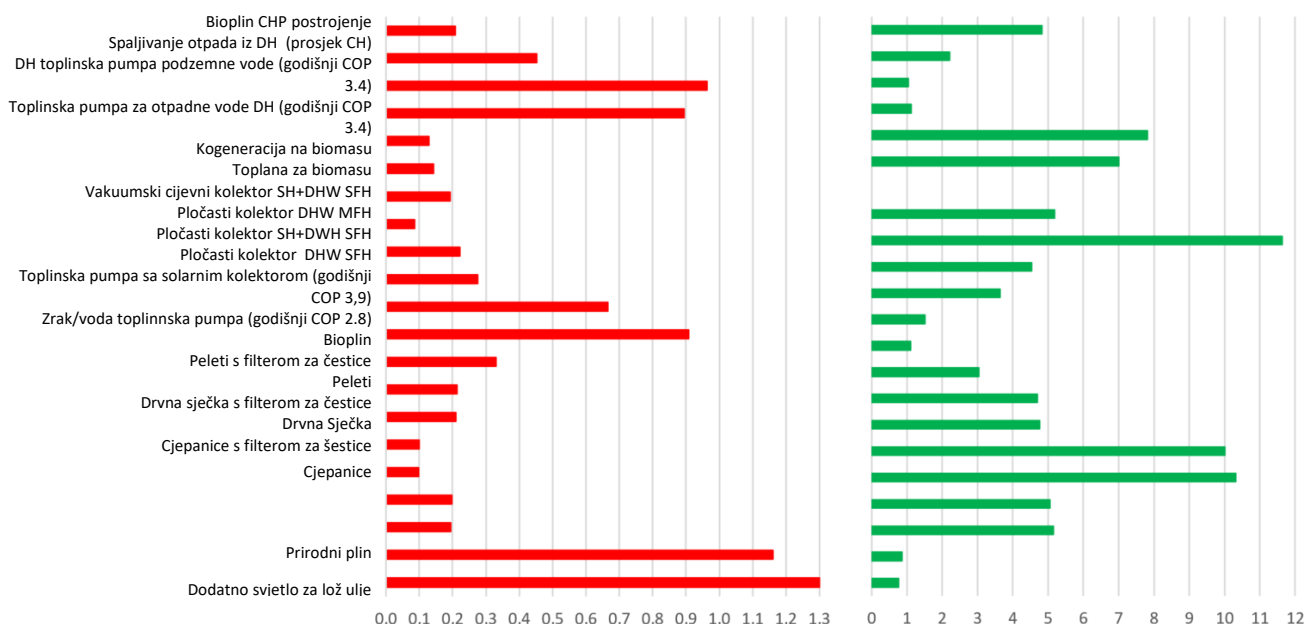
²⁾ Za centralizirano grijanje i električnu energiju referentna količina je 1 kWh krajnje (konačne) energije (trgovačka jedinica).

³⁾ Izvor: [133], svi ostali podaci prema [130].

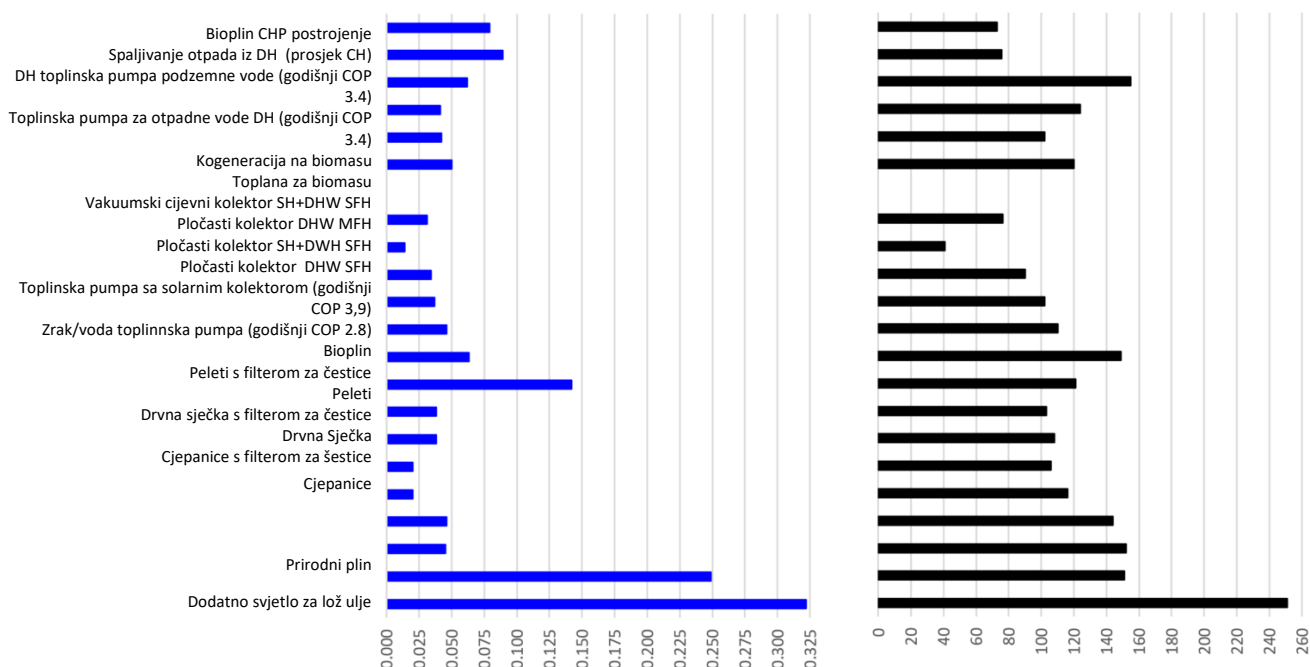
⁴⁾ Trenutne brojke i primjenjive vrijednosti za emisije CO_2 u Austriji daje Savezna agencija za okoliš <https://www.umweltbundesamt.at/>

⁵⁾Trenutačne brojke i primjenjive vrijednosti za emisije CO₂ u Njemačkoj daje Savezna agencija za okoliš
<https://www.umweltbundesamt.de/>

Za lož ulje, prirodni plin i drvena goriva KBOB prikazuje vrijednosti za CED koje su veće od 1 i usporedive jedna s drugom. Za bioplin i goriva dobivena od otpada prikazan je CED < 1. jer se njihov udio primarne energije ne procjenjuje ili se samo djelomično ne procjenjuje. Te vrijednosti za CED = CED + CED nisu usporedive s drugima i nisu navedene u tablici.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..119** Lijevo (crveno): Faktor primarne energije neobnovljive energije ili kumulativna potražnja za energijom CED
 Desno (zeleno): Faktor žetve energije iz obnovljivih izvora $H_{FNR} = 1/CED$ prema tablici Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 25.**



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1203** Lijevo (plavo): Emisije stakleničkih plinova u [kg korisne topline CO₂-eq/kWh]
 Desno (crno): Točke utjecaja na okoliš [korisna toplina EIP/kWh] u skladu Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 25.**

13.3 Opći zahtjevi i definiranje važnih pojmova

Postrojenja za biomasu DH moraju raditi s niskim emisijama i ekonomično. Za to je potreban odgovarajući sustav loženja za asortiman goriva, ispravno bilježenje toplinske snage pojedinih generatora topline, volumen skladištenja goriva (volumen silosne mreže) prilagođen logistici goriva i optimalna hidraulička integracija u cjelokupni sustav. Cilj je postići dokazane i ekonomične instalacije fokusirajući se na osnove i jednostavne koncepte.

Ovisno o napretku projekta (ključna etapa), sljedeće bi trebalo **definirati kao ciljeve** sa sve većim stupnjem točnosti:

1. Godišnja ukupna potražnja za toplinskom ^{toplinom1)} ili potrebna godišnja proizvodnja toplinske energije

Ukupni potreban toplinski ^{kapacitet1)}

Sustav za proizvodnju topline (krug, koncept upravljanja)

Sustav loženja kotla za biomasu

Raspodjela ukupne potražnje za toplinskim kapacitetom generatorima topline pojedinačnih izvora energije (goriva), uključujući njihov udio u proizvodnji ^{topline1)}

Dimenzioniranje ostalih komponenti u sustavu grijanja (volumen skladištenja goriva i skladištenja topline itd.)

¹⁾ prema Excel alatu za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava

Pri projektiranju toplane biomase moraju se uzeti u obzir sljedeće specifične karakteristike:

- Dugo vrijeme reakcije nakon promjene točke izlaza kotla zbog usporenog sagorijevanja goriva ovisno o sadržaju vode i zbijanju (npr. peleti)
- Kotlovi na biomasu obično se mogu raditi u izlaznom rasponu od 30% do 100% u kontinuiranom izgaranju s neprekidnim dovodom zraka za izgaranje i kontinuiranom opskrbom gorivom. Proširenje nižeg raspona snage na 15% moguće je uz odgovarajuće mjere (npr. predgrijavanje zraka za izgaranje).
- Minimalno potrebno prosječno dnevno opterećenje grijanja za rad s malim opterećenjem u rasponu od 10 % do 30 % nazivne proizvodnje kotla na biomasu.

Optimalan dizajn toplane biomase zahtijeva specifičnu stručnost i time postavlja povećane zahtjeve planeru. Preporučuje se da se ljudi ili uredi za planiranje koji prvi put dizajniraju i planiraju toplanu za biomasu posavjetuju s iskusnim specijaliziranim projektantima za savjet. Kako bi se postigli ciljevi kvalitete QM-a za postrojenja za proizvodnju biomase, sustav proizvodnje topline mora ispunjavati sljedeće zahtjeve i ciljne vrijednosti:

- **Niske emisije:** Zakonski primjenjive granične vrijednosti ne smiju se prekoračiti tijekom stacionarne radne faze postrojenja za izgaranje biomase. To se

odnosi na sve asortimane goriva, kao i na cijeli izlazni raspon sustava za loženje i stoga zahtijeva odgovarajuće koncepte kontrole.

- **Emisije mirisa** tijekom prijelaznih radnih faza u radu s malim opterećenjem tijekom faze pokretanja, faze izgaranja i održavanja podmlatka moraju se izbjegavati mjerama opisanim u poglavlju 13.5 . Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27**
- **Visoka godišnja učinkovitost $\eta > 85\%$:** Preduvjeti za visoku godišnju učinkovitost (vidi poglavlje 20.12) su:
 - Višak zraka u cijelom rasponu snaga (30 % do 100 %) s $\lambda < 1,7$
 - Temperature dimnih plinova u prosjeku $< 140\text{ }^{\circ}\text{C}$ i niski gubici zračenja kotla
 - Monovalentno postrojenje za izgaranje biomase: Minimalni broj radnih sati punog opterećenja nakon faze ekspanzije 1 godišnje $> 1.400\text{ h}$ i uz potpunu ekspanziju godišnje $> 2.000\text{ h}$
 - Bivalentno postrojenje za izgaranje biomase: Radno vrijeme punog opterećenja znatno je veće u skladu Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..28** . (u ciljnoj vrijednosti AT prema ÖKL-Merkblattu $> 4.000\text{ h/a}$)
 - Nizak rad u stanju mirovanja ili održavanje podmaka (omjer godišnjeg stanja pripravnosti i vremena rada $< 0,2$)
 - Što je moguće manje faza pokretanja i izgaranja
 - Usklađenost s uvjetima laganog opterećenja prema Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27**
- **Niski troškovi** ulaganja u sustav: Nema prekoračenja sustava proizvodnje topline, jednostavne toplane s jasnom strukturom sustava i što manje kotlovskih jedinica sa što širim rasponom snage. Multi-kotlovski sustavi sa standardnom serijom opreme su iznimka.
- **Niski troškovi održavanja i servisiranja:** Korištenje automatskog uklanjanja pepela i čišćenja kotlovske cijevi, osiguravanje rada s niskim kvarom korištenjem komponenti sustava s dugim vijekom trajanja, sustavom punjenja i pečenja prilagođenim dogovorenom rasponu goriva i redovitim servisiranjem. Ravnomjerno korištenje kotla na biomasu s malim brojem faza pokretanja i izgaranja (kotao na biomasu kontinuirano slijedi prosječnu krivulju opterećenja bez kratkoročnih oštih promjena u izlazu).
- **Isplativo skladištenje goriva**
 - Zapremina skladištenja goriva za **drvenu sječku** s automatskim sustavom pražnjenja (volumen silosne mreže) trebala bi sadržavati pet do sedam dnevnih zahtjeva kotlovnice na biomasu pri nazivnom radu à 24h plus obujam prijevoza dostavnog vozila u slučaju izravnog lanca opskrbe (vidjeti poglavlje 4.5.5.). Ovo dimenzioniranje omogućuje tvrtki za opskrbu gorivom logistički interval za jednostavno premošćivanje praznika kao što su Božić i Nova godina ili kratkoročni prekidi u lancu opskrbe. U neizravnom lancu opskrbe (vidi poglavlje 4.5.5) potreban obujam skladištenja goriva može se smanjiti uz savjetovanje s opskrbljivačem

gorivom. Sigurnost opskrbe u ekstremnim uvjetima kao što su snijeg, ledena kiša i slično mora se koordinirati s dobavljačem goriva.

- Volumen skladištenja goriva za **pelete** trebao bi imati oko deset dnevnih zahtjeva pri konstrukcijskoj temperaturi plus minimalni kapacitet isporuke peleta od 25 do 30 m³ peleta. To omogućuje vrijeme reakcije opskrbljivača gorivom od narudžbe do isporuke s potrebnom logističkom slobodom. Dodatne informacije mogu se pronaći u poglavlju 14.2
- **Optimalno korištenje kotla na biomasu:**
 - Kotao na biomasu trebao bi kontinuirano pratiti krivulju prosječnog opterećenja na najnižoj mogućoj izlaznoj razini.
 - Česte faze pokretanja i izgaranja moraju se izbjegavati dugim radnim vremenom, odnosno visokom upotrebom kotla na biomasu.
 - Kotao na biomasu trebao bi moći podnijeti spore promjene opterećenja mreže grijanja (npr. ovisno o vanjskoj temperaturi).
 - Treba izbjegavati kratkoročne promjene u izlazu jer je koritu goriva potrebno dugo vremena da se optimalno prilagodi novom izlazu za loženje.
 - Ulaz snage u kotao na biomasu mora biti sporiji od vremena reakcije. To obično zahtijeva skladištenje topline, što može nadoknaditi kratkoročne vrhove opterećenja i smanjenje opterećenja.
- **Godišnji udio proizvodnje topline u kotlovskom sustavu biomase:**
 - Monovalentno postrojenje za izgaranje biomase: 100%
 - Bivalentni sustav grijanja na biomasu s kotlom za ulje/plin za rad s vršnim opterećenjem i rad s malim opterećenjem ljeti: 80% do 85%.
 - Bivalentni sustav grijanja na biomasu s kotlom za ulje/plin za rad s vršnim opterećenjem: 90% do 95%.
- **Sigurnost opskrbe:** Sigurnost opskrbe ili redundancije u slučaju kvara kotla na biomasu može se osigurati sljedećim mjerama:
 - Kotao s vršnim opterećenjem s naftom ili plinom (bio-ulje/bioplín), proizvodnja kotlova \leq ukupni potreban toplinski kapacitet za proizvodnju topline
 - Prikjučna cijev za mobilni sustav grijanja za monovalentni sustav izgaranja biomase
 - Prolijevanje opterećenja velikih povezanih kupaca redundantnim sustavom kotlova za naftu/plin
 - Prikjučne cijevi za mobilne sustave grijanja u centralnoj toplani ili kod odabranih velikih povezanih kupaca (npr. industrijska poduzeća s kritičnim proizvodnim procesima).

Termini:

Održavanje ložišta

Kako bi se osiguralo da se sustav izgaranja biomase može ponovno pokrenuti bez vanjskog paljenja nakon nekoliko sati bez potražnje za energijom, korito (žara) održava se tijekom tog razdoblja pripravnosti povremenim dodavanjem malih količina goriva.

Niska emisije i kontrolirano održavanje ložišta

Povremeno se na rešetku dodaje mala količina goriva i kontrolirano sagorijeva do žarnice uz pomoć ventilatora zraka za izgaranje, obnovljeni sloj žara više ne bi trebao sadržavati čestice goriva koje ispuštaju plinove koji tinjaju u procesu pirolize.

Automatsko paljenje

Kada je gorivo suho (sadržaj vode $M < 35\%$ do najviše $M < 40\%$), loženje se isključuje uz niske emisije izgaranjem sloja goriva do žarnice u fazi izgaranja s uključenim ventilatorima zraka za izgaranje. Kada su ventilatori zraka za izgaranje isključeni, oni više ne bi trebali sadržavati čestice goriva koje još uvijek ispuštaju tinjajuće plinove. Nakon faze mirovanja, proces izgaranja započinje automatskim paljenjem (ventilator za paljenje ili palične šipke) kada je to potrebno.

Vrijeme uključivanja

Uključeno vrijeme uključuje redovito radno vrijeme i vrijeme mirovanja (održavanje ložišta ili radna faza bez potražnje za opterećenjem) postrojenja za izgaranje između početka i kraja razdoblja grijanja.

13.4 Sustav kvalitete goriva i paljenja

Odabir sustava uključuje odabir sustava loženja kotla na biomasu prema kvaliteti goriva.

Klasifikacija goriva i veličina čestica QM za postrojenja biomase DH temelji se na specifikacijama prema EN ISO 17225-1, klasifikacija veličina čestica dopunjena je S-klasama EN ISO 17225-4.

QM za toplane na biomasu dodatno je dopunila klasifikaciju goriva kvalitetnom drvnom sječkom finom/grubom i dodatno ograničila presjek prevelikih čestica u usporedbi sa standardom. Klasifikacija goriva detaljno je opisana u poglavlju 4. S tablicom Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.** 26 kao vodičem, preporučeni sustav loženja u odgovarajućem izlaznom rasponu može se dodijeliti određenoj kvaliteti goriva.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 263.** Preporučeni raspon upotrebe drvnih goriva (prema klasifikaciji goriva za sustave izgaranja i rasponima snage (vidjeti i često postavljana pitanja 36.).

Klasifikacija goriva	Sustav loženja	Raspon snage	Komentari
WS- i IS-P16S-M20	Mali sustavi paljenja, jedinice standardne serije Potpala i fiksno izgaranje na rešetki*	20 kW - 200 kW	Kvalitetna drvena sječka koja se prosijava s F05
WS- i IS-P31S-M20	Standardne serije jedinica Potpala i fiksno izgaranje na rešetki*	> 100 kW	Kvalitetna drvena sječka prosijana f05
WS- i IS-P31S-M35	Potpala i izgaranje na rešetki	> 200 kW	
WS- i IS-P31S-M50	Potpala i izgaranje na rešetki	> 200 kW	
WS- i IS-P31S-M55+	Izgaranje na rešetki	> 200 kW	
P31-M35	Izgaranje na rešetki	> 200 kW	PWK, LH, DH
P31-M50	Izgaranje na rešetki	> 200 kW	PWK, LH, DH
P31-M55+	Izgaranje na rešetki	> 200 kW	PWK, LH, DH
WS- i IS-P45S-M35	Izgaranje na rešetki	> 500 kW	
WS- i IS-P45S-M50	Izgaranje na rešetki	> 500 kW	
WS- i IS-P45S-M55+	Izgaranje na rešetki	> 500 kW	
P45-M35	Izgaranje na rešetki	> 1.000 kW	PWK, LH, DH, AH
P45-M50	Izgaranje na rešetki	> 1.000 kW	PWK, LH, DH, RZ
P45-M55+	Izgaranje na rešetki	> 1.000 kW	PWK, LH, DH, RZ
P63-M35	Izgaranje na rešetki	> 3.000 kW	PWK, LH, DH, AH
P63-M50	Izgaranje na rešetki	> 3.000 kW	WS, IS, PWW, PWK, LH, DH, RZ
P63-M55+	Izgaranje na rešetki	> 3.000 kW	WS, IS, PWW, PWK, LH, DH, RZ

Pretpostavlja se da su zahtjevi za kapacitet pohrane (Q-Smjernice; Tablica 19.) i za minimalno prosječno dnevno opterećenje grijanja tijekom rada izvan vršnog razdoblja (smjernice za pitanja i odgovore; Tablica 20.) su ispunjene.

*Fiksno izgaranje na rešetki: Izgaranje na rešetki bez aktivnog kretanja/prijenosa goriva na rešetku (npr. ravna rešetka, nagnuta rešetka). Gorivo se prenosi preko rešetke vijkom za punjenje, pepeo se može ukloniti, na primjer, naginjanjem segmenata rešetke.

Specifikacije za preostalo drvo iz prerade drva (RHH-M10-20), drvenu sječku i strugotine s visokim sadržajem prašine):

- Za nedovoljno prozračivanje i izgaranje na rešetki dopušteno je najviše 50% sadržaja prašine; iznad toga, osigurajte ispaljivanje prašine.
- Kako bi se izbjeglo stvaranje troske u sloju goriva, treba razmotriti korištenje primarnog sustava recirkulacije dimnih plinova (vidjeti poglavlje **Pogreška! Izvor reference nije pronađen..**).
- Kvirgavost (proporcije drvene sječke, strugotine i prašine) i kemijski sastav na temelju analiza goriva ključni su čimbenici u pogledu jamstva proizvođača peći.

13.5 Odabir i projektiranje sustava za proizvodnju topline

Sljedeći ključni podaci moraju biti poznati po odabiru i dizajnu sustava za proizvodnju topline:

- Godišnja ukupna potražnja za toplinskom energijom¹⁾
- Potreban toplinski kapacitet¹⁾ i karakteristika opterećenja cijelog sustava
- Godišnja krivulja trajanja potrebnog toplinskog kapaciteta s kotlom na biomasu i udjelom baznog opterećenja¹⁾
- Budući razvoj prodaje toplinske energije (toplinske obnove, klima, potencijal širenja, "rizični kupci")
- Minimalno prosječno dnevno opterećenje grijanja za rad s malim opterećenjem u fazama ekspanzije prema Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27**

- Temperatura protoka kao funkcija vanjske temperature
- Glavna povratna temperatura
- Opskrba gorivom i kvaliteta ovisno o logistici goriva: izravan ili neizravan lanac opskrbe
- Potencijali otpadne topline i izvora topline

¹⁾ prema Excel alatu za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava

U poglavlju 13.3 navode se zahtjevi koji su odlučujući za odabir monovalentnog ili bivalentnog kotlovskog sustava na biomasu. Zahtjevi za način rada i korištenje kotlova na biomasu određuju dizajn nazivne snage i broj kotlova.

Procedura

- Odabir sustava za proizvodnju topline kao osnovne varijante:
 - Prema ukupnoj potrebnoj klasi toplinskog kapaciteta prema Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..28**
 - Raspodjela toplinske snage pojedinih generatora topline u bivalentnim sustavima i određivanje potrebe za gorivom
- Odabir sustava loženja ovisno o kvaliteti goriva i logistici goriva (izravni ili neizravni lanac opskrbe).
- Dizajn komponenti sustava:
 - Postrojenje za izgaranje s dodatnim komponentama (skladištenje goriva, sustav transporta goriva, čišćenje dimnih plinova itd.)
 - Hidraulička integracija, uključujući volumen skladištenja topline
 - Sustav grijanja
 - Dimnjak (dimni plinski sustav)
- Provjera usklađenosti sa zahtjevima u pogledu sigurnosti, zaštite od buke i emisija
- Provjera definirane osnovne varijante, uključujući dodatne varijante (poglavlje 13.6.) i dodatne opcije (poglavlje **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.**)
- Određivanje troškova ulaganja i godišnjih troškova, procjena ekonomske održivosti (poglavlje 10).

13.5.1 Osnovne varijante sustava za proizvodnju topline sa sustavom izgaranja biomase

Sustavi za proizvodnju topline s izgaranjem biomase mogu se projektirati kao jednostruki ili višestruki kotlovski sustavi, monovalentni ili bivalentni s skladištenjem. Nakon utvrđivanja potrebne ukupne potražnje za toplinskim kapacitetom, uzimajući u obzir karakteristiku opterećenja i godišnju krivulju trajanja potražnje za toplinskim kapacitetom cjelokupnog sustava i faza proširenja te su precizno definirani svi zahtjevi postavljeni na sustav izgaranja biomase, Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..28** tablici 13.5.

Sve navedene osnovne varijante imaju spremnik topline koji ispunjava opće zahtjeve u skladu s poglavljem 13.3.

Osnovne varijante bez spremnika mogu se odabrati samo ako sustav izgaranja biomase radi s osnovnim opterećenjem.

Za odabir sustava za proizvodnju topline moraju se uzeti u obzir sljedeći **Q-zahtjevi i utjecajni čimbenici** uz klasu performansi:

- **Broj radnih sati punog opterećenja** kotao na biomasu Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..28**; preduvjet za visoke godišnje sate rada pri punom opterećenju bez povećanog trošenja je ujednačena iskorištenost (mali broj pokretanja i faza, spore promjene snage, stabilan sloj goriva) i industrijski dizajn kotlova.
- **Vrijeme uključivanja**: tijekom cijele godine ili tijekom razdoblja grijanja.
- **Stanje niskog opterećenja** prema Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27** cjelogodišnji rad, uvjet niskog opterećenja mora biti ispunjen ljeti. Za rad tijekom razdoblja grijanja primjenjuje se u prijelaznom razdoblju.
- **Promjene opterećenja**:
 - Velike, brze fluktuacije opterećenja (vrhovi opterećenja i smanjenje opterećenja) javljaju se u sljedećim situacijama: jutarnji vrhovi grijanja, večernje smanjenje potražnje za grijanjem (noćno smanjenje), grijanje vode ljeti (posebno s protočnim bojlerima, modulima slatke vode), posebni profili opterećenja (na primjer, zimski sportski resort, sportski hotel), uključivanje izmjenjivača topline s odvajanjem mreže u toplani, podizanje ili snižavanje temperature protoka mreže centraliziranog grijanja itd.
 - Dnevna varijacija s visokim fluktuacijama opterećenja (vrhovi opterećenja i padovi opterećenja) javlja se u sljedećim situacijama: Staklenici (bez smanjenja opterećenja kada sunce sja, veliko smanjenje opterećenja kada je noć čista), jutarnje zagrijavanje vanjskog bazena, neravni profili opterećenja za procesnu toplinu itd.
- **Osnovno opterećenje**, npr. procesna toplina, rad baznog opterećenja kao rezultat male nazivne proizvodnje kotla na biomasu u odnosu na potražnju za toplinskim kapacitetom
- **Asortiman goriva** postavlja zahtjeve na sustav hranjenja i pečenja.
- **Ulaganja u postrojenja**
- **Sigurnost opskrbe/redundancije**: Osjetljivost na kvar sustava za prijevoz goriva ili loženje, a time i sigurnost opskrbe, uvelike ovisi o tome koliko se dobro održava navedena kvaliteta goriva. Redundancija odgovara toplinskom kapacitetu (kao postotak potrebnog toplinskog kapaciteta) koji se još uvijek može osigurati u slučaju kvara najvećeg kotla.
- **Udio biomase**
- **Cijena goriva**: Kada su cijene goriva niske, prednost se daje cjelogodišnjem radu sustava izgaranja biomase.
- **Fleksibilnost /rezerva** proširenja: Višekanacijski sustavi omogućuju optimalno korištenje pojedinačnih kotlova na biomasu pri razvoju područja opskrbe toplinom u fazama.

- **Najsuvremenije:** Sustavi za loženje nazivnog izlaza do oko 500 kW mogu se koristiti s automatskim paljenjem pri sadržaju vode u gorivu < M35 - M40, na primjer, bez održavanja podmak. To omogućuje rad s malim opterećenjem s niskim emisijama i smanjenim gubicima energije, a posebno je važno za monovalentne sustave izgaranja biomase.
- **Minimalno potrebno stalno opterećenje:** Za sustave izgaranja biomase sa sustavima za hranjenje potiskivača potrebno je minimalno konstantno opterećenje kako bi se spriječili požari u

kanalu za umetanje. Za to se primjenjuju sljedeće vrijednosti tv vodiča:

- < za suho gorivo M35: 30 % nazivne proizvodnje kotla na biomasu
- mokro gorivo > M40: 20 % nazivne proizvodnje kotla na biomasu
- **Broj radnih sati punog opterećenja kotla na biomasu** u h/a definira se kao podjela godišnje proizvodnje topline u kWh/a kotla na biomasu nazivnom toplinskom snagom kotla na biomasu u kW.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.** 274 Minimum prosječno dnevno opterećenje grijanja za rad s malim opterećenjem na temelju smjernica za pitanja [15] (tablica 20.).

Vrsta paljenja	Sustavi za izgaranje na rešetki					Sustavi s potpalom i fiksnim izgaranjem na rešetki		
	s automatskim paljenjem		s održavanjem ložišta			s automatskim paljenjem		s održavanjem ložišta
Preporuke								
Udio vode	≤ M35	M35-40	≤ M35	M35 - 50	> M50	M ≤ M35	M35 - 40	≤ M50
Minimalno prosječno dnevno opterećenje grijanja kao postotak nominalne proizvodnje kotla za proizvodnju topline s spremnikom topline	15 %	20 %	15 %	20 %	30 %	10 %	15 %	15 %

Važna napomena: Ovisno o proizvođaču kotla na biomasu, vrijednosti se mogu neznatno razlikovati. Vrijednosti i preporuke proizvođača kotla za biomasu uvijek su odlučujuće.

Stanje slabog opterećenja

Pridržavanjem stanja malog opterećenja izbjegavaju se sljedeći ozbiljni problemi s nedovoljnim smanjenjem opterećenja:

- Smetnje od mirisa
- Povremeno vidljiv dim
- Opasnost od nakupljanja čađe u kotlu za biomasu
- Ograničena učinkovitost separatora čestica jer ne dostiže radnu temperaturu i stoga ima samo ograničen ili nikakav učinak u radu s malim opterećenjem. To rezultira smanjenom ili u najboljem slučaju nedovoljnom dostupnošću separatora.
- Separator elektro-čestica: Ako temperatura padne ispod točke rosišta, postoji opasnost od vlažnog zgrušavanja čestica u kućištu, na izolatorima i na elektrodama separatora. Posljedice: Kratki spoj preko izolatora, kvar automatskog čišćenja i ispuštanje pepela.
- Filtar tkanine: Ako temperatura padne ispod točke rosišta, postoji opasnost od nakupljanja vlažnih čestica na tkanini filtra. Posljedice: Neuspjeh automatskog čišćenja do uništenja tkanine filtra.
- Pojedini postupci razdvajanja mogu se pronaći u 5.8

Moraju se poštivati sljedeći okvirni uvjeti:

- Zbog većeg peć za gorivo (žarnica), pokretne rešetkaste peći moraju raditi s većom minimalnom izlaznošću od nedovoljnog ili fiksnog rešetkastog peć.
- Prednost automatskog paljenja je u tome što omogućuje automatsko sekvenciranje i eliminira minimalni gubitak topline povezan s održavanjem vatrene dna. U radu s malim

opterećenjem to može rezultirati prednostima u odnosu na sustav s održavanjem na ognjištu.

- U sustavima s toplinskim skladištima i automatskim paljenjem, spremnik se može u potpunosti napuniti, a zatim ponovno potpuno isprazniti tijekom rada s malim opterećenjem bez pojave kratkoročnih, velikih fluktuacija opterećenja s minimalnim izlazom kotla. To znači da se može postići dulji kontinuirani rad s minimalnom izlaznom kotlovnice.

Primjer

Maksimalna snaga kotla na biomasu = 200 kW;
potražnja za toplinom u ljetnom radu = 300 kWh dnevno;
gubitak skladištenja i prijenosa u ljetnom radu = 180 kWh dnevno.

- Dnevno opterećenje grijanja kao postotak nazivne izlazne kotlovnice = $(300 \text{ kWh/d} + 180 \text{ kWh/d}) / (24 \text{ h/d} \times 200 \text{ kW}) = 0,10 = 10\%$.
- Kada se koriste suhe drvene sječke dobre kvalitete ($M \leq 35\%$), ljetni rad s nedovoljnim ili fiksnim pečenjem rešetke trebao bi biti moguć s ovim sustavom ako su dostupni automatsko paljenje i skladištenje topline.
- Za sustave bez ljetnog rada rad tijekom prijelaznog razdoblja mora ispunjavati iste zahtjeve. Stoga je često potrebno u početku upravljati kotlom za ulje/plin (ako postoji) ili malim kotlom na biomasu (za monovalentne sustave) tijekom rada s malim opterećenjem.

13.5.1.1 Utjecaj ukupnog potrebnog toplinskog kapaciteta

Ukupni potreban toplinski kapacitet određuje izlazni razred osnovnih varijanti podijeljenih u sljedeće skupine:

- 100 kW do 500 kW
- 501 kW do 1.000 kW

- > 1.000 kW

U slučaju bivalentnih sustava, izlaz kotla na biomasu ili kotlova na biomasu mora se raspodijeliti na temelju godišnje krivulje trajanja prema Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..122** tako da se postigne najmanji broj radnih sati punog opterećenja

kotla na biomasu ili kotlova na biomasu uzimajući u obzir minimalno potrebno prosječno dnevno opterećenje grijanja pri radu s malim opterećenjem.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..285** Pregledavanje osnovnih varijanti sustava za proizvodnju topline s skladištenjem ovisno o ukupnoj potražnji za toplinskim kapacitetom na temelju tablice 19. smjernica za pitanja [15]. U standardnim hidrauličkim shemama Dio I [62] krugovi WE1 do WE8 detaljno su opisani, au standardnim hidrauličkim shemama Dio II [71] krugovi WE12 do WE16.

Krug	Opis	Ukupni potreban toplinski kapacitet		
		100 - 500 kW	501 - 1.000 kW	> 1.000 kW
1 kotao na biomasu s spremnikom WE2 (WE12)	Godišnja toplina proizvedena s biomasom	100 %		
	Projektiranje izlaza kotla na biomasu	100 % bez vršnog opterećenja		
	Broj radnih sati punog opterećenja kotla na biomasu	> 2.000 h/a		
	Operacija s malim opterećenjem	Ljetni rad moguć ako ima dovoljno ljetnog Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27		
	Automatsko paljenje?	Da		
	Gorivo	Maksimalni P31S; s automatskim paljenjem M40 £		
	Rezerva proširenja	Moguće samo u iznimnim slučajevima zbog problema s malim opterećenjem		
	Kapacitet skladišta	³ 1 h odnosi se na nazivnu proizvodnju kotla na biomasu		
1 kotao na biomasu + 1 kotao za lož ulje/plin s spremnikom WE4 (WE14/16 s 1 kotlom na biomasu)	Godišnja toplina proizvedena s biomasom	80 – 90 %		Za sustave bez ljetnog rada, također može imati smisla imati samo 1 kotao na biomasu + 1 kotao za ulje / plin iznad 1.000 kW.
	Projektiranje izlaza kotla na biomasu	50 – 60 %*		
	Projektni kapacitet kotla za ulje/plin	Najmanje 70 %, najviše 100 %.		
	Broj radnih sati punog opterećenja kotla na biomasu	> 3.500 h/a Cilj 4.000 h/a		
	Operacija s malim opterećenjem	Ako Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27 . nije ispunjena, kotlom za naftu/plin		
	Automatsko paljenje?	Da		
	Gorivo	Maksimalni P31S; s automatskim paljenjem M40 £	Nema ograničenja; s automatskim paljenjem M40 £	
	Rezerva proširenja	Moguće putem kotla za ulje/plin (uz odgovarajuće smanjenje pokrivenosti drva)		
	Kapacitet skladišta	³ 1 h odnosi se na nazivnu proizvodnju kotla na biomasu		
2 kotla na biomasu s spremnikom WE6	Godišnja toplina proizvedena s biomasom	à Realizacija monovalentnog ljetnog rada može biti moguća samo s dva kotla na biomasu	100 %	
	Konstruktiojski izlaz kotla za biomasu 1		33 % bez vrhova opterećenja	
	Dizajn izlaza kotla za biomasu 2		67 % bez vrhova opterećenja	
	Broj radnih sati punog opterećenja kotla za biomasu 1 + 2		> 2.000 h/a	

Krug	Opis	Ukupni potreban toplinski kapacitet		
		100 - 500 kW	501 - 1.000 kW	> 1.000 kW
	Operacija s malim opterećenjem		Usklađenost s Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27 . obično je moguća s malim kotlovima na biomasu	
	Automatsko paljenje?		Za mali kotao na biomasu	
	Gorivo		Max. P31S; s automatskim paljenjem M40 £	Nema ograničenja; s automatskim paljenjem M40 £
	Rezerva proširenja		Moguće uz odgovarajuće visoke troškove ulaganja (skupi kotlovi na biomasu)	
	Kapacitet skladišta		³ 1 h odnosi se na 2/3 ukupne nazivne proizvodnje kotlova na biomasu	

Krug	Opis	Ukupni potreban toplinski kapacitet		
		100 - 500 kW	501 - 1.000 kW	> 1.000 kW
2 kotla na biomasu + 1 kotao za lož ulje/plin s spremnikom WE8 (WE14/16 s 2 kotla na biomasu)	Godišnja toplina proizvedena s biomasom			80 - 90 %
	Konstruktivski izlaz kotla za biomasu 1			17 - 20 %*
	Dizajn izlaza kotla za biomasu 2			33 - 40 %*
	Projektni kapacitet kotla za lož ulje/plin			Min. 100 % - mali kotao na biomasu, max. do 100%.
	Broj radnih sati punog opterećenja Kotao na biomasu 1 + 2			> 3.000 h/a Cilj 4.000 h/a
	Operacija s malim opterećenjem			Usklađenost s Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27 . s malim kotlom na biomasu ili kotlom za naftu/plin
	Automatsko paljenje?			Za mali kotao na biomasu
	Gorivo			Nema ograničenja; s automatskim paljenjem ≤ M40
	Rezerva proširenja			Moguće s kotlom za ulje/plin (smanjenje uporabe biomase)
	Kapacitet skladišta			³ 1 h odnosi se na 2/3 ukupne nazivne proizvodnje kotlova na biomasu

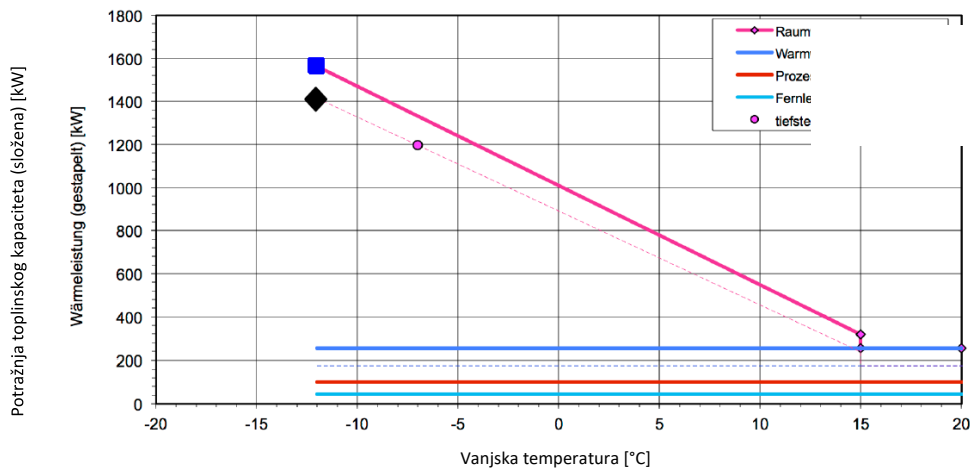
* Indikativna vrijednost za sustave za grijanje prostora

13.5.1.2 Određivanje potrebne ukupne snage kotla

Određivanje potrebne ukupne proizvodnje kotla vrši se na sljedeći način:

- Za **bivalentne** kotlovske sustave biomase na temelju ukupne potražnje za toplinskim kapacitetom. To odgovara plavom kvadratu ekstrahiranog opterećenja karakterističnog na Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..121** .(ukupna potražnja za toplinskom energijom, uključujući vrhove opterećenja).

- Za **monovalentne** kotlovske sustave biomase s skladištenjem, na temelju prosječne ukupne potražnje za toplinskim kapacitetom. To odgovara crnom rombu točkastog opterećenja karakterističnog na Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..121** (dnevna prosječna vrijednost ukupne potražnje za toplinskim kapacitetom bez vrhova opterećenja). Time se sprječava prekomjerno dimenzioniranje kotlova na biomasu, pri čemu se kratkoročni vrhovi opterećenja (3 do 4 sata) moraju pokriti spremnikom topline.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1214** Određivanje potrebne ukupne snage kotla za mono- ili dvovalentni sustav grijanja na biomasu koristeći karakteristiku opterećenja.

13.5.1.3 Raspodjela ukupne snage kotla na biomasu manjim i većim kotlovima na biomasu

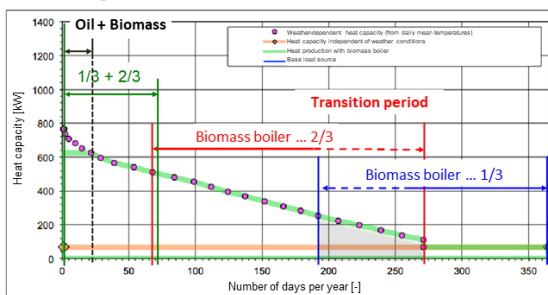
U monovalentnim ili bivalentnim sustavima grijanja na biomasu s dva ili tri kotla na biomasu omjer nazivne snage kotla za malu biomasu i nazivne snage velikog kotla na biomasu ne smije prelaziti 1:2 (preporučeni raspon od 1:1 do 1:2) (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..122.**). To omogućuje **zajednički raspon prijelaza**, odnosno zajednički izlazni raspon, koji omogućuje optimalan rad za oba kotla na biomasu u pojedinačnom radu. Ta se podjela mora promatrati i za više kotlovske sustave sa standardnim serijskim jedinicama.

Potrebno je zajedničko prijelazno područje,

- tako da se nakon puštanja u pogon većeg kotla na biomasu tijekom prijelaza u hladnu Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27**
- tako da nakon isključivanja većeg kotla na biomasu i pokretanja manjeg kotla na biomasu tijekom prijelaza u toplu sezonu, čak ni tijekom kratkog hladnog vremenskog razdoblja, nije potrebno ponovno pokrenuti veći kotao na biomasu i isključiti manji kotao na biomasu.

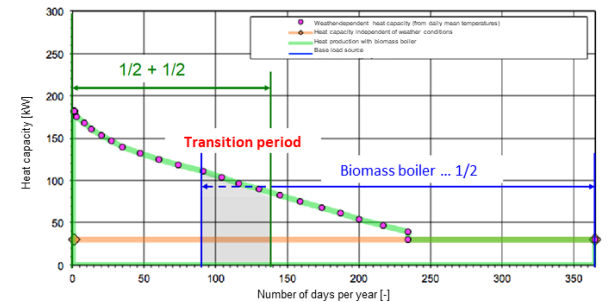
System selection 2 biomass boilers + 1 oil boiler with storage

Biomass boiler 1 240 kW
Biomass boiler 2 480 kW



System selection 2 biomass boilers with storage

Biomass boiler 1 125 kW
Biomass boiler 2 125 kW



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1225** Operacijske faze i raspon prijelaza za sustave s dva kotla na biomasu na primjeru godišnje krivulje trajanja (lijevo s fosilnim kotlom, desno bez fosilnog kotla).

Detaljni podaci za godišnju krivulju trajanja na lijevoj strani "Dvovalentni trokotlovni sustav s spremnikom" su:

- Minimalno prosječno dnevno opterećenje grijanja tijekom rada izvan vršnog pogona učinkovito 67 kW
- Mali kotao na biomasu 240 kW, minimalno potrebno prosječno dnevno opterećenje grijanja pri radu s malim opterećenjem 48 kW (pretpostavka 20 % proizvodnje kotla prema Tablica **Pogreška! U**

dokumentu nema teksta navedenog stila..27, pomicanje rešetke, M35 do M50).

- Veliki kotao na biomasu 480 kW, minimalno potrebno prosječno dnevno opterećenje grijanja pri radu s malim opterećenjem 96 kW (pretpostavka 20 % proizvodnje kotla prema Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27**)

Detaljni podaci za godišnju krivulju trajanja na desnoj "Monovalentnom sustavu grijanja drva s dva kotla s spremnikom" su:

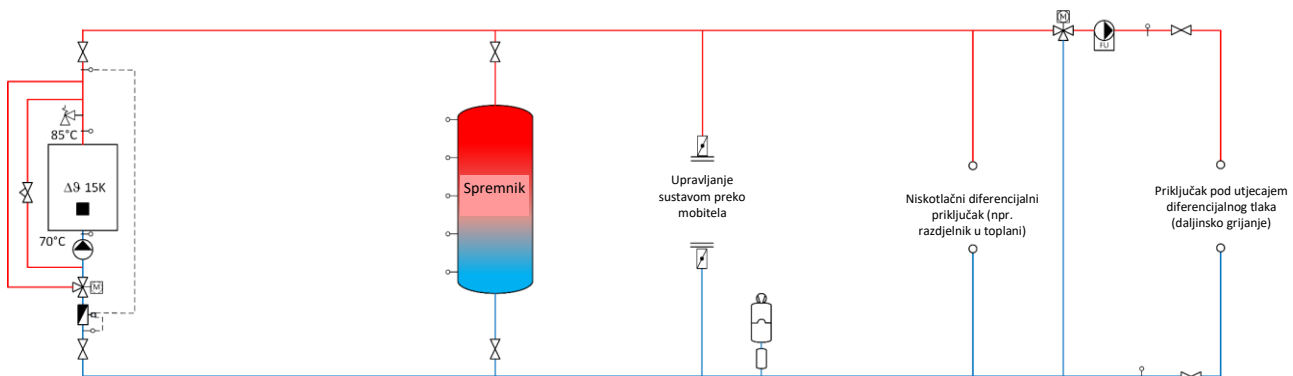
- Minimalno prosječno dnevno opterećenje grijanja za rad s malim opterećenjem učinkovito 30 kW
- Kotao na biomasu 1 i kotao na biomasu 2 125 kW svaki, minimalno potrebno prosječno dnevno opterećenje grijanja pri radu s malim opterećenjem 13 kW (pretpostavka 10 % proizvodnje kotla u Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27**, sustavi za loženje nedovoljnog i fiksnog rešetka, $\leq M35$).

13.5.2 Opis osnovnih varijanti

13.5.2.1 Monovalentni sustav grijanja na biomasu s spremnikom od 100 do 500 kW

Opis

Sustavima nazivne toplinske snage do najviše 500 kW može se upravljati monovalentnim jednostrukim kotlovskim sustavom (kotao na biomasu s spremnikom WE2). Spremnik služi za uravnoteženje rada kotla i pokrivanje vršnih opterećenja. Ovi sustavi su relativno jeftini i štede prostor. Oni se također mogu koristiti kao osnova za daljnje faze širenja.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1236** Načelna shema sustava s kotlom na biomasu s spremnikom (WE2).

Najvažnije značajke su:

- Kratkoročna vršna opterećenja i smanjenje opterećenja izbalansiraju se sustavom za pohranu.
- Projektiranje izlaza kotla bez uzimanja u obzir vršnih opterećenja (crni romb Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..121**)
- Cjelogodišnji rad s ekskluzivnom potražnjom za toplinom prostora i toplom vodom u kućanstvu moguć je samo uz dovoljno veliko ljetno opterećenje (uvjeti slabog Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27**.)
- U prijelaznom razdoblju maksimalni sadržaj vode u gorivu ograničen je na $\leq M40$ (potrebno je automatsko paljenje).
- Isplativa varijanta
- Proširenje je moguće nadogradnjom na WE4, 6 itd.
- Strategija upravljanja: Kotao na biomasu radi na najnižoj mogućoj izlaznoj razini tako da izlaz kotla samo odgovara prosječnom potrebnom toplinskom kapacitetu. Stanje punjenja spremnika određuje izlaznu specifikaciju kotla. U prijelaznom razdoblju ili u ljetnom radu, ako nema kratkotrajnih velikih fluktuacija opterećenja, spremnik se puni pri minimalnoj izlaznoj kotlovnici u načinu rada za isključivanje/isključivanje. Detaljan opis kontrole potražite u članku Standardne hidrauličke sheme Dio I [62].

Rješenje WE2 nije prikladno:

- kada se pojave kratkotrajne fluktuacije velikog opterećenja koje sustav za pohranu ne može apsorbirati.
- ako se uvjeti s malim opterećenjem ne mogu ispuniti tijekom ljetnog rada.
- za sustave u djelomičnom širenju.

Načela dizajna

Godišnja proizvodnja topline s biomasom	100 %
Projektiranje izlaza kotla na biomasu	100 % bez vršnih opterećenja (crni romb Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..121)
Broj radnih sati punog opterećenja kotla na biomasu	> 2.000 h/a
Operacija s malim opterećenjem	Ljetni rad moguć ako ima dovoljno ljetnog Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27
Automatsko paljenje?	Da

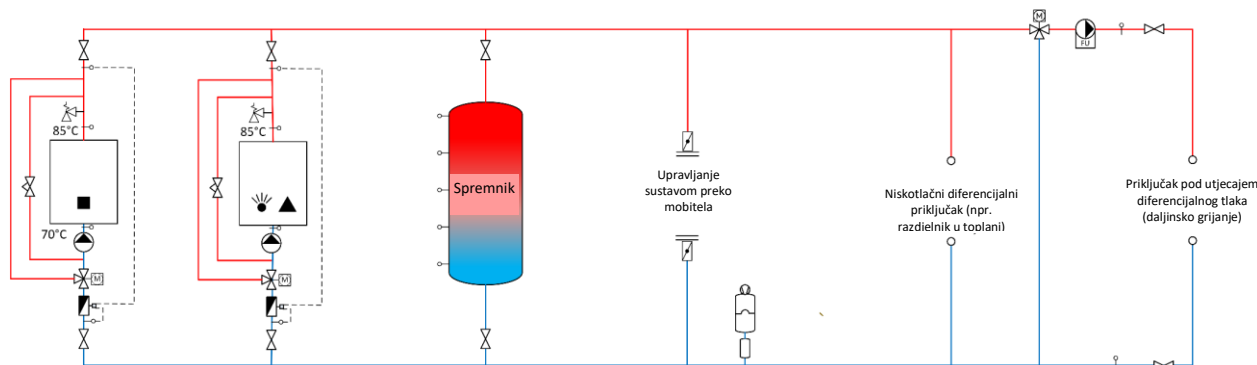
Gorivo	Maksimalni P31Ss automatskim paljenjem \leq M40
Kapacitet skladišta	≥ 1 h koji se odnose na nazivnu proizvodnju kotla na biomasu

13.5.2.2 Bivalentni sustav grijanja na biomasu s spremnikom od 100 do 1.000 kW

Opis

Kako bi se povećala sigurnost opskrbe i/ili u slučaju postupnog širenja, bivalentni sustav postiže znatno stabilniji rad uz niske dodatne troškove. Bivalentni sustavi s kotlom na biomasu s spremnikom preporučuju se do nominalno potrebnog toplinskog kapaciteta od 1.000 kW (kotao na biomasu s spremnikom i kotlom na

fosilna goriva WE4). Spremnik topline služi za uravnoteženje rada kotla. Fosilni kotao pokriva vršna opterećenja i, ako je potrebno, i ljetni rad. S kotlom na fosilna goriva mogu se pokriti i kratkoročne fluktuacije opterećenja koje sustav za skladištenje topline ne može nadoknaditi. Osim toga, kotao na fosilna goriva jamči sigurnost opskrbe u slučaju kvara ili kvara kotla na biomasu. Ovi sustavi su relativno jeftini i mogu se raditi vrlo učinkovito.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..124** Načelna shema sustava s kotlom na biomasu s spremnikom i kotlom na fosilna goriva (WE4).

Najvažnije **značajke** su:

- Kratkotrajna vršna opterećenja i smanjenja opterećenja nadoknađuju se jedinicom za skladištenje topline
- Dizajn ukupnog izlaza kotla, uključujući vrhove opterećenja (plavi kvadrat na Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..121**)
- Izlaz kotla na biomasu odgovara prosječnom potrebnom toplinskom kapacitetu do točke ekvivalentnosti, a zatim udjelu prosječnog dnevnog opterećenja grijanja.
- Vršna pokrivenost opterećenjem fosilnim pomoćnim kotlom
- Rad s malim opterećenjem u prijelaznom razdoblju i ljeti s kotlom na biomasu ako je opterećenje dovoljno, inače s fosilnim kotlom (Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27**)
- Za automatsko paljenje maksimalni sadržaj vode u gorivu ograničen je na $\leq M40$
- Isplativa varijanta za zajamčeni cjelogodišnji rad i opskrbu
- Dobro korištenje kotla na biomasu s odgovarajućim visokim stupnjem pokrivenosti biomasom
- Rezerve su pokrivene dijelom fosilnih biljaka
- Hidraulika i kontrola proizvodnje topline mogu se proširiti, na primjer na WE8
- Strategija kontrole: Kotao na biomasu radi na najnižoj mogućoj izlaznoj razini tako da izlaz kotla zadovoljava prosječni potreban toplinski kapacitet. Status punjenja prostora za pohranu određuje izlaznu specifikaciju za kotao na biomasu. Za rad s vršnim opterećenjem tijekom najhladnijih zimskih

dana, fosilni kotao se uključuje i podržava kotao na biomasu. U slučaju kvara ili kvara kotlova na biomasu, sustav fosilnog grijanja automatski preuzima. Ljetni rad provodi se s kotlom na biomasu ili fosilnim kotlom, ovisno o tome je li zadovoljeno stanje niskog opterećenja. Ako ne dođe do kratkotrajnih velikih fluktuacija opterećenja, spremnik se puni kotlom za biomasu pri minimalnoj izlaznoj kotlovnici u načinu rada za uključenje/isključivanje (automatsko paljenje je obavezno). Ako kotao na biomasu nije prikladan za rad s malim opterećenjem, ljetnu pokrivenost osigurava fosilni kotao. Detaljan opis kontrole potražite u članku Standardne hidrauličke sheme Dio I [62].

- Sustavi bez ljetnog rada ili s velikom potražnjom za toplinom procesa mogu raditi i iznad 1.000 kW sa samo jednim kotlom na biomasu i jednim fosilnim kotlom.

Rješenje WE4 nije prikladno

- kada je potrebna 100 % proizvodnja topline bez fosilnih goriva.

Načela dizajna

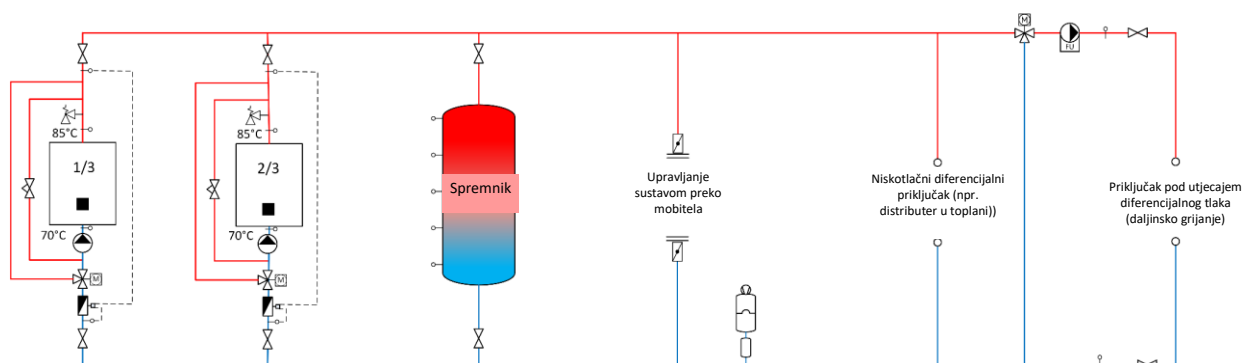
Godišnja proizvodnja topline s biomasom	80 - 90 %
Projektiranje izlaza kotla na biomasu	50 do 60 % ukupnog potrebnog toplinskog kapaciteta, uključujući vrhove opterećenja (plavi kvadrat Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..121)

Projektiranje proizvodnje fosilnih kotlova	70 do 100 % ukupne toplinske snage (visoka redundancija)
Broj radnih sati punog opterećenja	> 3.500 h/a (cilj 4.000 h/a)
Kotao na biomasu	
Operacija s malim opterećenjem	Ako nije ispunjen: Ljetni rad s fosilnim kotlom
Automatsko paljenje	Da
Gorivo	do 500 kW maksimalno P31S; s automatskim paljenjem ≤ M40
Kapacitet skladišta	≥ 1 h odnosi se na nazivnu proizvodnju kotla na biomasu

13.5.2.3 Monovalentni sustav grijanja na biomasu s spremnikom od 501 do 1.000 kW

Opis

Dijeljenjem proizvodnje kotla između dva kotla na biomasu, većim sustavima može se upravljati s biomasom tijekom cijele godine (dva kotla na biomasu s skladištenjem WE6). Preporuča se podijeliti izlaz 1/3 na 2/3. To obično omogućuje manjem kotlu da pokrije nisko opterećenje ljeti i uravnotežen rad oba generatora topline tijekom cijele godine. Mali kotao trebao bi biti opremljen automatskim paljenjem. Spremnik mora biti instaliran kako bi se uravnotežio rad kotla i pokrila vršna opterećenja.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1258** Sustav s dva kotla na biomasu i spremnikom (WE6).

Najvažnije **značajke** su:

- Kratkoročni vrhovi opterećenja i smanjenje opterećenja kompenziraju se sustavom za pohranu.
- Dizajn ukupnog izlaza kotla bez vršnih opterećenja (crni romb na Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..121.**)
- Raspodjela izlaza kotla u omjeru 1/3 do 2/3 prema poglavlju **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.**
- Rad s malim opterećenjem u prijelaznom razdoblju i ljeti s malim kotlom obično je moguć (Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27**)
- Mali kotao s maksimalnim sadržajem vode za automatsko paljenje u gorivu ograničenom na ≤ M40
- Cjelogodišnja operacija bez fosilnih goriva
- U slučaju kvara jedne opskrbe kotlom na biomasu uvjetno je zajamčena drugim kotlom na biomasu. Za maksimalnu pouzdanost potrebno je osigurati priključak na mobilni sustav grijanja.
- Korak po korak moguće povezivanje kupaca (uz relativno visoke troškove ulaganja)
- Hidraulika i kontrola proizvodnje topline mogu se proširiti
- Strategija upravljanja: Oba kotla na biomasu rade s najmanjom mogućom izlaznom snagom (zajednička ista izlazna specifikacija) tako da zbroj izlaza kotla zadovoljava prosječni potreban toplinski kapacitet.

Stanje punjenja za pohranu određuje izlaznu specifikaciju kotlova. Kaskada kotla (sekvencijalni krug) određuje rad kotlova. U ljetnom radu, ako nema kratkotrajnih fluktuacija velikog opterećenja, spremnik se puni pri minimalnoj izlaznoj snazi manjeg kotla na biomasu u načinu rada za uključenje/isključivanje. Manji kotao na biomasu ručno se prebacuje na veći kada manji kotao na biomasu više ne može pokriti dnevnu prosječnu potražnju za toplinom. Veći kotao na biomasu ručno se prebacuje na manji ako je dnevna proizvodnja topline većeg kotla na biomasu (proizvodnja topline za 24 sata pri minimalnoj izlaznoj proizvodnji) manja od 25 % njegove najveće moguće dnevne proizvodnje topline (proizvodnja topline u 24 sata pri nazivnoj izlaznoj proizvodnji). Manji kotao na biomasu uključuje se automatskim sekvenciranjem i radom vršnog opterećenja s automatskim paljenjem kada veći kotao na biomasu više ne može pokriti potražnju za toplinom u prosjeku po satu. Manji kotao na biomasu ponovno se isključuje samo kada potražnja za toplinskim kapacitetom padne ispod zbroja minimalnih izlaza dvaju kotlova na biomasu. U slučaju kvara većeg kotla na biomasu, manji kotao na biomasu uključuje se automatskim paljenjem. Detaljan opis upravljačkog sustava potražite u odjeljku Standardne hidrauličke sheme Dio I [62].

Rješenje WE6 nije prikladno:

- kada se pojave kratkotrajne fluktuacije velikog opterećenja koje sustav za pohranu ne može apsorbirati.

- ako se uvjeti niskog opterećenja u ljetnom radu ne mogu zadovoljiti malim kotlom.

Načela dizajna

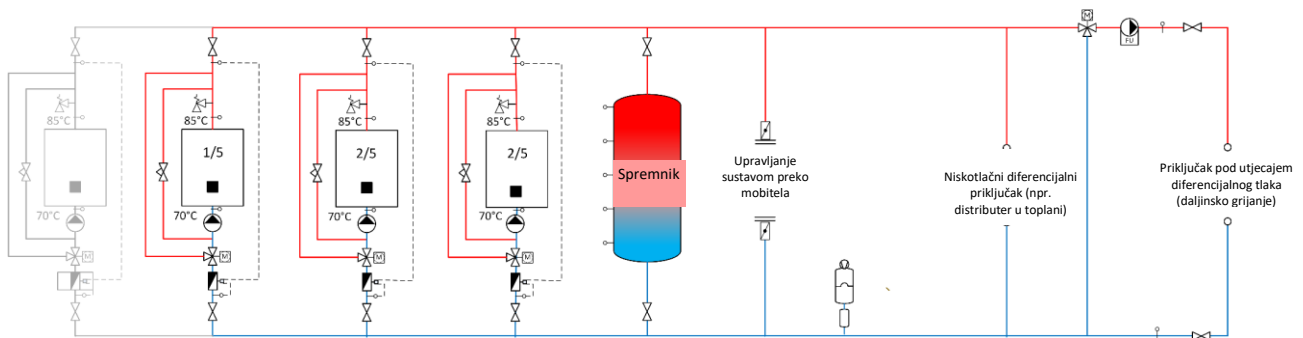
Godišnja proizvodnja topline s biomasom	100 %
Dizajn proizvodnje kotla za biomasu 1 i 2	33 % odnosno 67 % bez vrhova opterećenja (crni romb Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..121)
Broj radnih sati punog opterećenja kotla na biomasu	> 2.000 h/a
Operacija s malim opterećenjem	Usklađenost s Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27 s malim kotlom
Automatsko paljenje?	Da, za mali kotao
Gorivo	do 1.000 kW max. P31S s automatskim paljenjem ≤ M40
Kapacitet skladišta	≥ 1 h odnosio se na najmanje 2/3 ukupne nominalne

proizvodnje kotlova na biomasu (preporučuje se, međutim, ≥ 1 h uz 100 % ukupne nominalne proizvodnje).

13.5.2.4 Monovalentni sustav grijanja na biomasu s spremnikom ≥ 1.000 kW

Opis

Monovalentni višekanaljski sustavi s više od dva kotla na biomasu mogu se realizirati, na primjer, kao proširenje sustava s dva kotla WE6 u slučaju širenja korak po korak ili ako se uvjeti s malim opterećenjem ne mogu zadovoljiti malim kotlom (drvo sustava s više kotlova s spremnikom). Djelomični izlazni rasponi kotlova moraju se odabrati tako da su moguće i jednostavno prebacivanje kotla i ljetni rad. Dijeljenjem nazivne proizvodnje kotla (npr. 1/5 do 2/5 do 2/5) rad se može osigurati tijekom cijele godine. Najmanji kotao trebao bi biti opremljen automatskim paljenjem. Spremnik treba ugraditi kako bi se uravnotežio rad kotla i pokrile fluktuacije opterećenja.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1269** Sustav s nekoliko kotlova na biomasu i spremnikom (WE6+).

Najvažnije značajke su:

- Kratkoročna vršna opterećenja i smanjenje opterećenja kompenziraju se sustavom za pohranu
- Dizajn ukupnog izlaza kotla bez vrhova opterećenja (crni romb na Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..121.**)
- Distribucija izlaza kotlova tako da su zajamčeni ljetni rad i prebacivanje kotla (vidi poglavlje **Pogreška! Izvor reference nije pronađen..**).
- Rad s malim opterećenjem u prijelaznom razdoblju i ljeti s najmanjim kotlom (Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27.**)
- Najmanji kotao (≤ 500 kW) s automatskim paljenjem, maksimalni sadržaj vode u gorivu ograničen na ≤ M40
- Cjelogodišnja operacija bez fosilnih goriva
- U slučaju kvara jednog kotla na biomasu, opskrba je uvjetno zajamčena drugim kotlovima na biomasu. Za maksimalnu pouzdanost potrebno je osigurati priključak na mobilni sustav grijanja.
- Moguća je detaljna veza kupaca

- Hidraulika i kontrola proizvodnje topline mogu se proširiti
- Strategija upravljanja: Kotlovi na biomasu rade s najmanjom mogućom izlaznom snagom (zajednička specifikacija jednake izlazne snage) tako da zbroj izlaza kotla zadovoljava prosječni potreban toplinski kapacitet. Stanje punjenja za pohranu određuje izlaznu specifikaciju kotlova. Kaskada kotla (sekvencijalni krug) određuje rad kotlova. U ljetnom radu, ako nema kratkotrajnih fluktuacija velikog opterećenja, spremnik se puni pri minimalnoj izlaznoj snazi najmanjeg kotla na biomasu u načinu rada za uključen/isključivanje. Kotlovi na biomasu obično se ručno prebacuju. Ako potražnja za toplinskim kapacitetom premašuje zbroj nominalnih izlaza kotlova na biomasu u pogonu, ili se isključuje mali kotao na biomasu i uključuje se veliki kotao na biomasu ili se uključuje drugi kotao na biomasu. Ako potreban toplinski kapacitet padne ispod zbroja minimalnih izlaza kotlova na biomasu u pogonu, ili se isključuje mali kotao na biomasu ili se uključuje mali kotao na biomasu i isključuje se veliki kotao na biomasu. Najmanji kotao na biomasu s automatskim

paljenjem može se automatski uključiti automatski s automatskim sekvencijalnim prebacivanjem. U slučaju kvara većeg kotla na biomasu, uključen je i najmanji kotao na biomasu s automatskim paljenjem. Detaljan opis pravila potražite u članku Standardne hidrauličke sheme Dio I [62].

Rješenje WE6+ je neprikladno

- kada se pojave kratkotrajne fluktuacije velikog opterećenja koje sustav za pohranu ne može apsorbirati.

Načela dizajna

Godišnja proizvodnja topline s biomasom	100 %
Dizajn	Ukupna snaga kotla bez vrhova opterećenja (crni romb na Sliku Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..121.) najmanji kotao prema Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27, dizajnirajte druge kotlove za izmjenu kotlova bez problema (npr. 1/5 do 2/5 do 2/5)
Broj radnih sati punog opterećenja kotla na biomasu	> 2.000 h/a
Operacija s malim opterećenjem	Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27s najmanjim kotlom

Automatsko paljenje?

Da, za mali kotao

Gorivo

do 1.000 kW maksimalno P31S s automatskim paljenjem ≤ M40

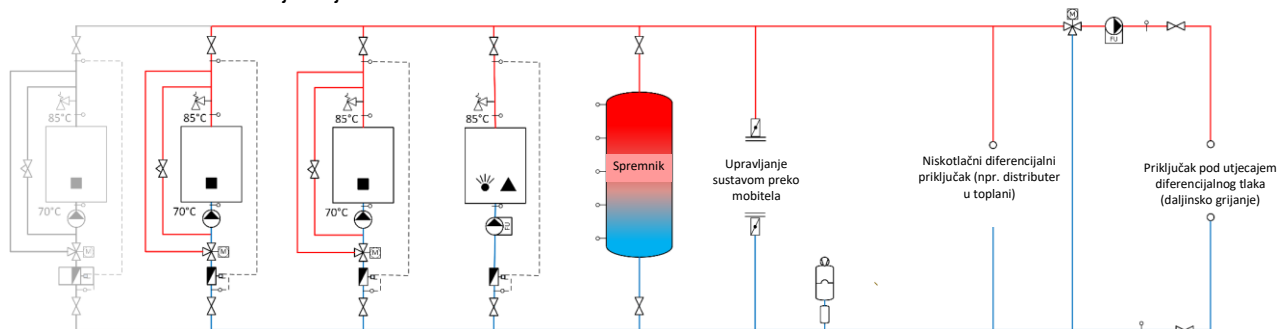
Kapacitet skladišta

≥ 1 h odnosi se na 2/3 ukupne nominalne proizvodnje kotlova na biomasu (preporučuje se, međutim, ≥ 1 h uz 100% ukupnu nominalnu proizvodnju).

13.5.2.5 Bivalentni sustav grijanja na biomasu s spremnikom ≥ 1.000 kW

Opis

Bivalentni multi-kotlovski sustavi s dva ili više kotlova na biomasu obično omogućuju ljetni rad s biomasom čak i u većim sustavima (dva kotla na biomasu s spremnikom i fosilnim kotlom WE8). Također se mogu graditi kao produžetak bivalentnih sustava WE4 ili dvo-kotlovskih sustava WE6. Bivalentne sustave karakterizira maksimalna pouzdanost uz niske dodatne troškove. Spremnik služi za uravnoteženje rada kotla na biomasu. S kotlom na fosilna goriva mogu se pokriti i kratkoročne fluktuacije opterećenja koje sustav za skladištenje topline ne može nadoknaditi. Ovi sustavi mogu raditi relativno jeftino i vrlo učinkovito.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..127**10 Sustav s dva kotla na biomasu s spremnikom i kotlom na fosilna goriva (WE8).

Najvažnije značajke su:

- Kratkoročni vrhovi opterećenja i smanjenje opterećenja kompenziraju se sustavom za pohranu.
- Dizajn ukupnog izlaza kotla, uključujući vrhove opterećenja (plavi kvadrat na Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..121**)
- Podjela proizvodnje kotla na način da su zajamčeni ljetni rad i promjena kotla (unakrsno upućivanje na projektiranje višekanskih sustava)
- Rad s malim opterećenjem u prijelaznom razdoblju i ljeti s najmanjim kotlom na biomasu (Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27**)

- Najmanji kotao na biomasu (≤ 500 kW) s automatskim paljenjem, maksimalni sadržaj vode u gorivu ograničen na ≤ M40
- Maksimalna pouzdanost opskrbe
- Dobro korištenje kotlovnice na biomasu s odgovarajućim visokim stupnjem pokrivenosti biomasom
- Rezerve pokrivene kotlom na fosilna goriva
- Moguća je detaljna veza kupaca
- Hidraulika i kontrola proizvodnje topline mogu se proširiti
- Strategija upravljanja: Kotlovi na biomasu rade s najmanjom mogućom izlaznom snagom (zajednička

specifikacija jednake izlazne snage) tako da zbroj izlaza kotla zadovoljava prosječni potreban toplinski kapacitet. Stanje punjenja za pohranu određuje izlaznu specifikaciju kotlova. Kaskada kotla (sekvencijalni krug) određuje rad kotlova. U ljetnom radu, ako nema kratkotrajnih fluktuacija velikog opterećenja, spremnik se puni pri minimalnoj izlaznoj snazi najmanjeg kotla na biomasu u načinu rada za uključen/isključivanje. Kotlovi na biomasu obično se ručno prebacuju. Ako potražnja za toplinskim kapacitetom premašuje zbroj nominalnih izlaza kotlova na biomasu u pogonu, ili se isključuje mali kotao na biomasu i uključuje se veliki kotao na biomasu ili se uključuje drugi kotao na biomasu. Ako potreban toplinski kapacitet padne ispod zbroja minimalnih izlaza kotlova na biomasu u pogonu, ili se isključuje mali kotao na biomasu ili se uključuje mali kotao na biomasu i isključuje se veliki kotao na biomasu. Najmanji kotao na biomasu s automatskim paljenjem može se automatski uključiti automatski s automatskim sekvencijalnim prebacivanjem. Kotao na fosilna goriva koristi se za rad s vršnim opterećenjem tijekom najhladnijih zimskih dana, a možda i za rad s malim opterećenjem ljeti. U slučaju kvara većeg kotla na drva dodaje se najmanji kotao na biomasu s automatskim paljenjem. U slučaju potpunog kvara sustava grijanja na biomasu, fosilni kotao preuzima opskrbu toplinom. Detaljan opis upravljačkog sustava potražite u odjeljku Standardne hidrauličke sheme Dio I [62].

Načela dizajna

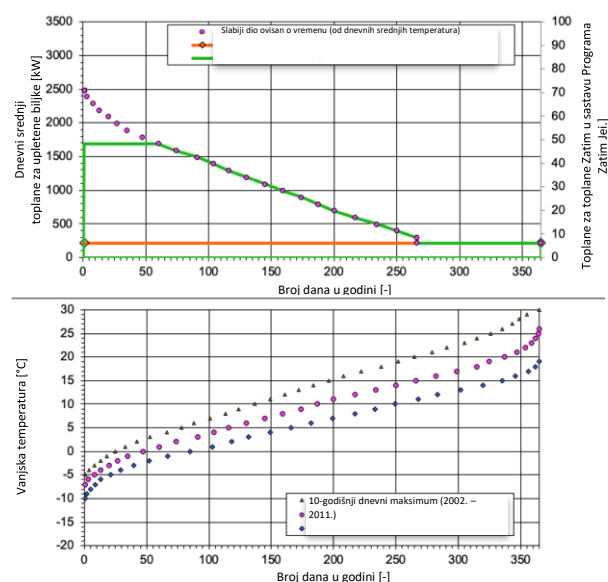
Godišnja proizvodnja topline s biomasom	80 - 90 %
Dizajn	Ukupna proizvodnja kotla od 60 %, uključujući vršna opterećenja (plavi kvadrat Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..121) najmanji kotao prema Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27, dizajnirajte druge kotlove za izmjenu kotlova bez problema (npr. 1/3 do 2/3 ili za tri kotla na biomasu od 1/5 do 2/5 do 2/5)
Broj radnih sati punog opterećenja kotla na biomasu	> 3.000 h/a
Operacija s malim opterećenjem	Usklađenost s Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27 . s najmanjim kotlom ili kotlom na fosilna goriva
Automatsko paljenje?	Da, za mali kotao
Gorivo	do 1.000 kW maksimalno P31Ss automatskim paljenjem ≤ M40
Kapacitet skladišta	≥ 1 h odnosi se na 2/3 ukupne nazivne proizvodnje kotlova na biomasu

(preporučuje se, međutim, ≥ 1 h uz 100% ukupnu nominalnu proizvodnju).

13.5.3 Postupak projektiranja bivalentnog sustava

Pri projektiranju generatora topline postrojenja za grijanje bivalentne biomase moraju se uzeti u obzir sljedeći granični uvjeti:

- **Godišnja krivulja trajanja** toplinske snage mreže centraliziranog grijanja prikazuje relativno kratku fazu vršnog opterećenja u odnosu na tijek vanjske temperature (vidi Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..128).
- Struktura **troškova** sustava generatora topline je različita. Troškovi ulaganja kotlova na biomasu su visoki, a troškovi goriva niski, dok kotlovi na naftu i plin imaju relativno niske troškove ulaganja, ali visoke troškove goriva.



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..12811 Primjer krivulje godišnjeg trajanja dvovalentnog sustava grijanja na biomasu.

Vrh: Godišnja linija trajanja toplinske snage u dnevnoj srednjoj vrijednosti.
Dno: Godišnja krivulja trajanja dnevne srednje vanjske temperature

Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..296 Zastavku različitih sustava generatora topline.

Postrojenje za izgaranje	Troškovi ulaganja (fiksni troškovi)	Troškovi goriva (varijabilni troškovi)
Biomasa	visok	nizak
Lož ulje, plin	nizak	visok

- Iz tih graničnih uvjeta može se utvrditi da je preporučljivo podijeliti bivalentni sustav između postrojenja za izgaranje biomase kako bi se **pokrilo osnovno opterećenje** (osnovno i srednje opterećenje) i postrojenja za naftu/plin kako bi se **pokrilo vršno opterećenje** i kao stand-by jedinica. Proizvodnja topline neutralne na CO_2 može se postići ovom varijantom sustava samo ako se fosilni izvor energije zamijeni obnovljivim izvorom energije kao što su bioplin (tekućina), bio lož ulje ili visokokvalitetno drveno gorivo (peleti, kvalitetna drvena sječka).

U načelu, toplinsku snagu bivalentnog sustava treba podijeliti određivanjem optimalnog troška. Međutim, moraju se uzeti u obzir i drugi okviri uvjeti, kao što su najveći udio fosilnih goriva koji dopušta agencija za financiranje, sve manje prihvaćanje uporabe fosilnih goriva među stanovništvom i vlasnikom zgrade (prijelaz topline na proizvodnju topline neutralnu prema CO_2).

- Za veće sustave ima smisla podijeliti sustav na dva kotla na biomasu. Ovdje je važan sljedeći kriterij:
 - Degresija troškova ulaganja važan je kriterij odluke u tom kontekstu, odnosno trebalo bi pažljivo ispitati podjelu na dva kotla na biomasu sa brojem nazivnih izlaza kotlova na biomasu manje od približno 2 MW s ekonomskog stajališta.

Iskustvo QM-a za postrojenja na biomasu pokazuje da usklađenost s Q-zahtjevima prema Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27** ne samo da osigurava tehnički besprijekoran rad s niskim emisijama, već da su ta postrojenja i ekonomski najzanimljivija.

13.5.4 Odabir sustava za loženje

Na temelju odabira sustava za proizvodnju topline i odgovarajućih principa dizajna određuje se potrebna proizvodnja kotla za jedan ili više kotlova.

Različiti sustavi loženja su više ili manje prikladni za različita područja primjene. Najvažniji kriteriji za odabir sustava loženja su:

- Izlaz kotla
- Asortiman biomase prema poglavlju 13.4
- Način rada za osnovno opterećenje i rad s malim opterećenjem (pogledajte preduvjete Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27**).

13.5.5 Dimenzioniranje spremnika topline

Tako da se izlazna točka za kotao na biomasu može mijenjati sporije od vremena reakcije, obično je potreban spremnik topline sa sljedećim funkcijama:

- Kompenzacija kratkotrajnih vrhova opterećenja i smanjenja koja su brža od vremena reakcije kotla na biomasu (prema navedenom kapacitetu skladištenja).
- Reakcija na trend opterećenja zbog promjene stanja punjenja prostora za pohranu.

Kao **volumen skladištenja** općenito se preporučuje skladišni kapacitet od ≥ 1 h koji se odnosi na nazivni izlaz kotla na biomasu. Osim toga, moraju se uzeti u obzir svi pravni zahtjevi. Međutim, ako se tijekom dana pojave visoki (kratkoročni) vrhovi opterećenja i smanjenje opterećenja, kao što su uzorak opterećenja staklenika, procesni grijači topline ili zraka, oni se mogu nadoknaditi samo znatno većim kapacitetom skladištenja. Stoga bi trebalo poštovati sljedeće preporuke za sljedeće slučajeve:

- Staklenici:** Kako bi se nadoknadila vršna opterećenja u staklenicima (noću zbog hladnog zračenja) i smanjenje opterećenja (tijekom dana kada sunce sja) tijekom dana, kapacitet skladištenja treba povećati na 4 do 6 h nazivne snage kotla za biomasu. Nazivna snaga kotla na biomasu trebala bi biti projektirana za otprilike 50 % najveće potražnje za toplinskim kapacitetom. To rezultira odgovarajućim povećanjem iskorištenosti ili broja radnih sati punog opterećenja.
- Procesna toplina** 2 h - 8 h
- Grijač zraka** 1,5 h - 2 h
- Priprema tople vode za kućanstvo** 1,5 h - 2 h (npr. stanice za slatku vodu)
- Grijanje vanjskog bazena** 1,5 h - 2 h

Kako bi se spriječilo prekomjerno dimenzioniranje kotla na biomasu **monovalentnog kotlovskog sustava biomase s spremnikom**, kratkotrajni vrhovi opterećenja (od 3 do 4 h) moraju biti pokriveni spremnikom u skladu s karakteristikom opterećenja čvrste linije. Volumen skladištenja mora imati skladišni kapacitet koji može uravnotežiti krivulju opterećenja tako da kotlovski sustav biomase može slijediti prosječno smanjenje opterećenja ili karakteristiku opterećenja točkaste linije (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..111**).

Za **dva ili više kotlova na biomasu minimalni** volumen skladištenja od ≥ 1 h skladišnog kapaciteta može se temeljiti na 2/3 ukupne nazivne snage kotlova na biomasu.

Potrebna jedinica pohrane izračunava se u Excel alatu za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava. Kapacitet skladištenja određuje se izravno putem temperaturne razlike u spremniku. QM za biomasu DH Biljke navode da temperaturu raspoređenu po spremniku treba > 30 K. S temperaturnom razlikom od 40 K, kapacitet skladištenja može se znatno povećati u usporedbi s 30 K za postojeći volumen skladištenja. Za optimalno upravljanje skladištenjem potreban je stalan visok protok i stalna niska temperatura povrata.

Dodatne informacije o funkciji sustava za skladištenje topline, uključujući preduvjete za optimalno upravljanje skladištenjem topline, mogu se pronaći u poglavlju 7.5.

13.5.6 Potražnja za gorivom

Godišnja potražnja za gorivom za biomasu (t/year ili LCM/year) izračunava se iz godišnje potražnje za primarnom energijom (energetski sadržaj goriva npr. u MWh/a) i energetskog sadržaja goriva.

U slučaju monovalentne proizvodnje topline, godišnja potražnja za primarnom energijom za biomasu odgovara godišnjoj potražnji za toplinom cijelog sustava podijeljenoj s godišnjim η učinkovitosti kotlovskog sustava biomase.

U slučaju bivalentne proizvodnje topline, samo je udio godišnje potražnje za toplinskom energijom koji je pokriven kotlovima na biomasu (biogeni udio godišnje proizvodnje topline) relevantan za određivanje primarne potražnje za energijom za biomasu. To ovisi o izvršenoj raspodjeli energije i godišnjoj krivulji trajanja cijelog postrojenja i obično odgovara 80 do 90 % godišnje potražnje za toplinskom energijom cijelog postrojenja. Podjela tog udjela s godišnjom učinkovitošću η postrojenja kotlovnice na biomasu rezultira godišnjom potražnjom za primarnom energijom za biomasu. U Alatu programa Excel za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava to je prikazano na radnom listu "Slike ili tablica S-plana".

Gubici **proizvodnje topline** Q_{VWE} izračunavaju se iz godišnje učinkovitosti proizvodnje topline η_a . Određivanje godišnje učinkovitosti sustava biomase opisano je u poglavlju 20.12. Na gubitke proizvodnje topline Q_{VWE} utječu:

- Operativni gubici, odnosno učinkovitost kotla
- Gubici u stanju pripravnosti
- Iskorištenost kapaciteta

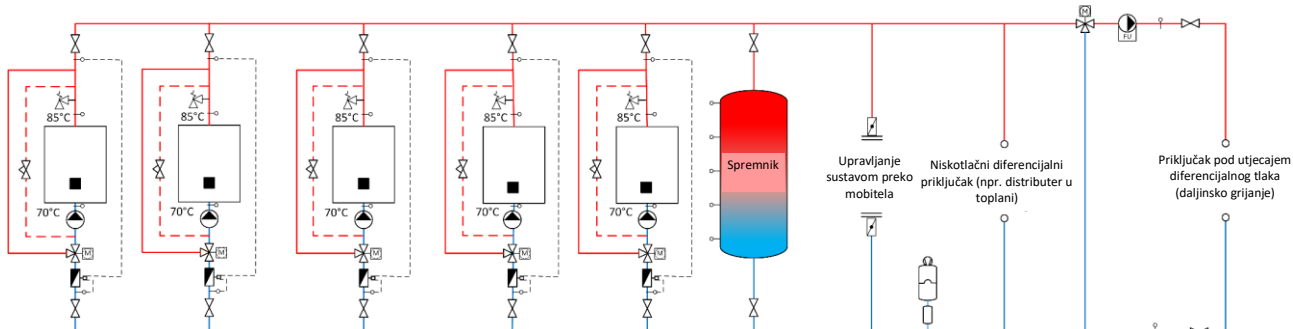
- Prosječna razina opterećenja.

13.6 Daljnje varijante sustava za proizvodnju topline

13.6.1 Sustavi s više kotlova sa standardnom serijskom opremom

Jeftini kotlovi na biomasu kao standardni serijski uređaji do nominalne proizvodnje kotla od oko 500 kW, uz iznimke do 1.500 kW, omogućuju kao monovalentni višestruki kotlovski sustavi ("kaskadni sustavi", na primjer kotlovi od 3 do 6 biomase) da pokriju potražnju za toplinskim kapacitetom postrojenja za grijanje biomase do oko 2 MW i veće.

Zajedno s spremnikom topline, koji omogućuje optimalnu izlaznu specifikaciju i optimalnu kaskadnu kontrolu s automatskim uključivanjem i isključivanjem (s automatskim paljenjem) pojedinačnih kotlova na biomasu, pojedinačni kotlovi na biomasu mogu raditi neprekidno tijekom cijele godine, posebno tijekom rada s malim opterećenjem u prijelaznom razdoblju i ljeti (vidi Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27**), uz visoku iskorištenost i niske gubitke u stanju mirovanja. To omogućuje visoku ukupnu godišnju učinkovitost η_a .



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..12912** Shematski dijagram sustava s više kotlova ("kaskadni sustav") sa standardnim uređajima serije.

Treba napomenuti da kotlovi na biomasu kao standardni serijski uređaji s paljenjem fiksne rešetke i podstajnim pečenjem provode automatski **interval uklanjanja i čišćenja pepela fiksne rešetke** (s nagibnim rešetkama) ili rotirajuće rešetke nakon određenog radnog vremena od, na primjer, 6 do 8 radnih sati. U tom procesu, gorivo na rešetki je potpuno izgorjelo do pepela u fazi izgaranja. Rešetka se zatim mehanički čisti prije ponovnog pokretanja kotla za biomasu automatskim paljenjem. Interval čišćenja je oko 30 do 45 minuta.

Tijekom intervala čišćenja kotla na biomasu mora se spriječiti pokretanje drugog kotla na biomasu kako bi se proces čišćenja premostio hladnim pokretanjem kako bi se ponovno isključio čim se očišćeni kotao vrati u stacionarnu radnu fazu.

U slučaju kvara jednog kotla na biomasu, preostali kotlovi na biomasu pružaju pouzdanu sigurnosnu postavu (redundanciju).

Sustavi s više kotlova sa standardnim serijskim uređajima rezultiraju visokim stupnjem fleksibilnosti pri proširenju mreže grijanja, jer je u osnovnom proširenju već omogućeno potrebno korištenje pojedinačnih kotlova na biomasu u radu s malim opterećenjem.

Zahtjevi za **gorivo** (vidjeti i poglavlje 13.4):

- Peleti
- Kvalitetna drvena sječka WS- i IS-P16S-M20* kao i WS- i IS-P31S-M20
- WS- i IS-P31S-M35 (od izlaza kotla > 200 kW s pomicanjem rešetke)

Potrebna visoka kvaliteta goriva značajno povećava operativne troškove zbog više cijene goriva. To ima poseban učinak na ekonomsku učinkovitost više kotlovskih sustava s visokom ukupnom nominalnom proizvodnjom kotla.

Načela dizajna

Godišnja proizvodnja topline s biomasom	100 %
Dizajn	Ukupna snaga kotla bez vrhova opterećenja (crni romb na Sliku Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..121.) Najmanji kotao prema Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27., Ostali kotlovi za izmjenu kotlova bez problema (npr. 1/5 do 2/5 do 2/5)
Broj radnih sati punog opterećenja kotla na biomasu	> 2.000 h/a
Operacija s malim opterećenjem	Usklađenost s Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27 s najmanjim kotlom
Automatsko paljenje?	Da, za mali kotao (< 500 kW)
Gorivo	Peleti, kvalitetna drvena sječka WS- i IS-P16S-M20* kao i WS- i IS-P31S-M20 ili WS- i IS-P31S-M35 (od izlaza kotla > 200 kW s pokretnom rešetkom rešetke)

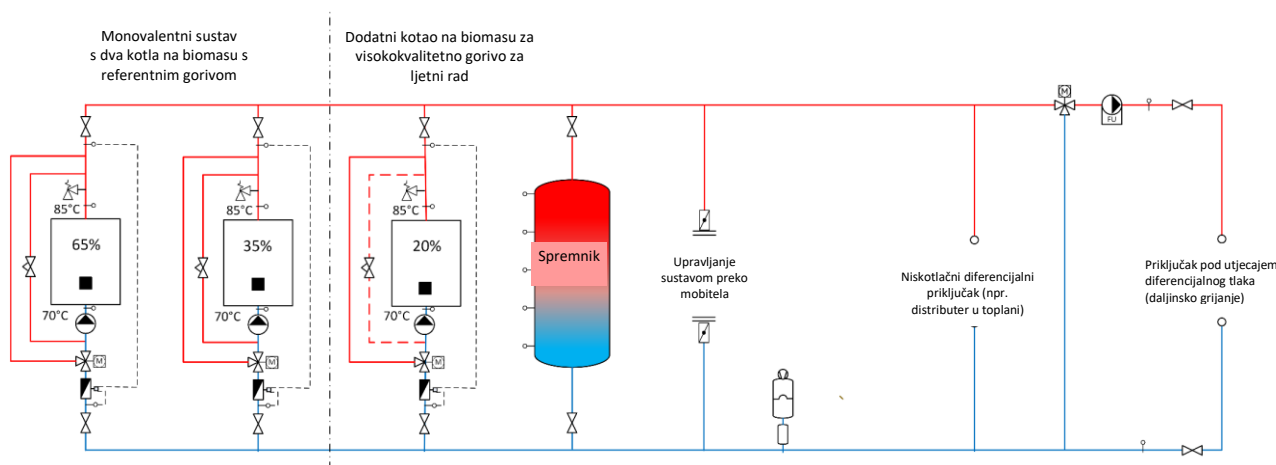
Kapacitet skladišta

≥ 1 h odnosi se na 2/3 ukupne nominalne proizvodnje kotlova na biomasu (preporučuje se, međutim, ≥ 1 h uz 100% ukupnu nominalnu proizvodnju).

13.6.2 Dodatni kotao na biomasu visoke kvalitete za ljetni rad

U slučaju niske potražnje za toplinom u prijelaznom razdoblju ili ljeti, monovalentni sustav s dva kotla na biomasu ponekad ne postiže potrebnu uporabu (minimalno prosječno dnevno opterećenje grijanja potrebno za rad s malim opterećenjem u skladu s Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27) za veće kotlove na biomasu jer oni zbog svoje veličine i referentnih goriva obično upotrebljavaju veće zahtjeve za minimalno opterećenje.

Kako bi se imala veća fleksibilnost u projektiranju i radu sustava, dodatni kotao na biomasu (ljetni kotao) s niskom izlaznom snagom može biti koristan dodatak za fleksibilno i učinkovito pokrivanje ljetnog rada ili rada s malim opterećenjem (vidi sliku 13.14.). Ovdje se u pravilu koriste serijski uređaji koji su dizajnirani za rad visoke kvalitete goriva (peleti ili kvalitetna drvena sječka) i imaju automatsko paljenje. Oni predstavljaju razumnu alternativu fosilnim kotlovima, kao i kotlovima na bionafu i bioplin kako bi se omogućila 100% proizvodnja topline neutralne CO₂.



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..13013 Shematski dijagram monovalentnog sustava s dva kotla na biomasu i dodatnim kotlom na biomasu za visokokvalitetno gorivo za ljetni rad.

Cilj projektiranja pomoćnog kotla na biomasu je postizanje optimalnog korištenja kotla na biomasu u proizvodnji topline za opskrbu domaćom toplom vodom ljeti.

U tu svrhu, izlaz kotla ili ukupna proizvodnja kotla jednog ili više dodatnih kotlova na biomasu trebali bi biti dimenzionirani na najmanje dvostruko više od maksimalnog prosječnog dnevnog opterećenja grijanja

potrebnog u ljetnom radu. U sustavu sa samo jednim velikim kotlom na biomasu i jednim dodatnim kotlom na biomasu, sustav bi eventualno trebao biti dimenzioniran za tri puta veće prosječno dnevno opterećenje grijanja potrebno u ljetnom radu. To se temelji na pretpostavci da je skladišni kapacitet dostupan za kompenzaciju dnevnog opterećenja na takav način da dodatni kotao na biomasu može pokriti prosječno dnevno opterećenje tijekom ljetnog rada. To omogućuje da dodatni kotao na

biomasu (vidi Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..122)** obuhvaća prijelazni raspon u kojem bi se tada mogao koristiti i veći kotao na biomasu.

Za serijske uređaje potrebno je uzeti u obzir **posebne zahtjeve u pogledu goriva** kao i za sustave s više kotlova sa standardnim serijskim uređajima (vidjeti poglavlje **Pogreška! Izvor reference nije pronađen..**).

Ako nema odvojenog skladištenja i opskrbe gorivom, mora se osigurati da skladište goriva sadrži potrebno visokokvalitetno gorivo pri pokretanju pomoćnog kotla za biomasu. Ako dođe do kvara u opskrbi gorivom, nijedan kotao ne može raditi.

Uz odvojeno skladištenje i opskrbu gorivom, dodatni kotao na biomasu može raditi u isto vrijeme kao i ostali kotlovi i koristiti se kao poklopac vršnog opterećenja i za redundanciju ili za jamčenje opskrbe u slučaju kvara.

Kada se koriste peleti za pomoćni kotao, potrebno je stvoriti dodatno skladištenje peleta, npr.

Ako je dostupan središnji solarni toplinski sustav, pomoćni kotlovi na biomasu s automatskim paljenjem i visokom fleksibilnošću nude mogućnost sigurnosne nadoknade za solarni toplinski sustav. Međutim, postavlja se pitanje korisnosti i ekonomske učinkovitosti pomoćnog kotla na biomasu, jer je proizvodnja topline, a time i korištenje pomoćnog kotla na biomasu, ozbiljno ograničena. Potrebno korištenje pomoćnog kotla za biomasu u skladu Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27** . ne može se jamčiti u svakom trenutku. Stoga bi takve operativne faze trebalo svesti na najmanju moguću mjeru (vidi poglavlje 13.7.4.3). Kada je pomoćni kotao na biomasu uključen, trebao bi imati dugo neprekidno radno vrijeme od > 8 sati pri minimalnoj izlaznoj kotlovnici. Spremnik treba samo djelomično napuniti tako da se sunčev toplinski sustav može ponovno koristiti do maksimuma sljedećeg dana.

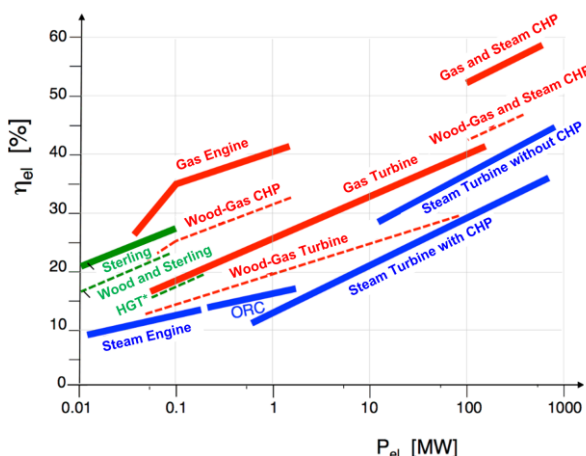
13.6.3 Kombinirana toplina i snaga

Za energetski učinkovito korištenje potencijala biomase usmjereno na budućnost, potrebno je ispitati i instalaciju kombiniranih postrojenja za proizvodnju topline i energije (CHP9. U Njemačkoj i Austriji koristi se pojam "Kraft-Wärme-Kopplung", u Švicarskoj "Wärme-Kraft-Kopplung".

Pri proizvodnji električne energije iz biomase uvijek bi se za uštedu resursa trebala upotrebljavati najveća količina proizvedene topline. Inače se ne preporučuje uporaba biomase za proizvodnju električne energije. Raspon modulacije ovih postrojenja je relativno mali, tako da u pravilu uvijek trebaju raditi na nominalnoj snazi za opskrbu električnim i toplinskim baznim opterećenjem. Sljedeće tehnologije pogodne su za postrojenja CHP-a biomase:

- Parna turbina
- Parni stroj
- Ciklus organskog rangiranja (ORC)
- Plinski motor
- Turbina na vrući plin

Pojedinačne CHP tehnologije detaljnije su opisane u Priručniku o planiranju mreža centraliziranog grijanja (vidi [19], poglavlje 2.9).



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..131 Neto električna učinkovitost različitih tehnologija za proizvodnju električne energije kao funkcija električne proizvodnje [19]. CCGT = plinska turbina kombiniranog ciklusa, HGT = toplo plinska turbina (sa izgaranjem biomase).

Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..131. pokazuje da CHP tehnologije pokrivaju raspon od nekoliko kW do preko 1 GW električnog kapaciteta. Ostvariva neto električna učinkovitost obuhvaća raspon od manje od 10 % do 60 %. Za uspostavljene procese tehnologije parne energije električna učinkovitost pokazuje izraženu ovisnost o razmjerima od manje od 10 % za izlaze od 10 kW_{el} do oko 45 % za velika postrojenja. Druge

tehnologije kao što su uplinjavanje biomase i Stirlingov motor postižu veću električnu učinkovitost u malom i srednjem izlaznom rasponu. Proizvodnja električne energije s biomasom neovisna je o vremenu i sezoni i pogodna je za rad s baznim opterećenjem i stabilizaciju elektroenergetske mreže.

S uplinjavanjem biomase mora se paziti da se osigura visoka kvaliteta goriva. U pravilu je potrebno homogeno i sušeno gorivo kao što je kvalitetna drvena sječka WS/IS-P16S/P31S-M10. Ovisno o proizvođaču postrojenja, dizajnu i tehnologiji, kao i o veličini postrojenja, u svakom pojedinačnom slučaju mora se razjasniti raspon goriva koja se mogu koristiti. Osim proizvodnje električne i toplinske energije, proizvodnja drvenog ugljena moguća je i s tehnologijama uplinjavanja biomase.

Postrojenja za proizvodnju električne energije u biomasi imaju sljedeće troškove proizvodnje električne energije kao orijentacijske vrijednosti:

- Proces pare s parnim kotlom i parnom turbinom: 10 - 20 ct. /kWh (15 - 30 Rp/kWh)
- ORC proces s kotlom za termalno ulje i ORC modulom: 15 - 25 ct. /kWh (20 - 35 Rp/kWh)
- Proces uplinjavanja biomase s plinskim motorom: 15 - 30 ct. /kWh (25 - 40 Rp/kWh)

Gospodarska održivost mora se detaljno ispitati u skladu s tržišnim uvjetima (ostvarive poticajne tarife /vlastita pokrivenost električnom energijom u odnosu na troškove proizvodnje električne energije) i tehničkim okvirnim uvjetima (operabilnost djelomičnog opterećenja, iskorištenost postrojenja, optimizirani rad proizvodnje topline / ukupna učinkovitost postrojenja itd.). i, ako je primjenjivo, usporediti ostvarive troškove proizvodnje električne energije s troškovima drugih obnovljivih izvora električne energije.

13.7 Komplementarni izvori topline i sustavi za proizvodnju topline

13.7.1 Opće napomene

Potražnja za budućom proizvodnjom topline neutralnom prema CO₂ izazov je koji se mora prihvatiti. Za vršno opterećenje i nisku pokrivenost opterećenjem mogu se zahtijevati dodatne opcije osnovnih varijanti sustava za proizvodnju topline s izgaranjem biomase (poglavlje 13.5.1.). Druga mogućnost je integracija decentraliziranih postojećih kotlova, ako su dostupni. Ovisno o potrebnoj infrastrukturi, mjernoj i upravljačkoj tehnologiji, u svakom pojedinačnom slučaju mora se provjeriti mogu li se postojeći generatori topline (npr. kotlovi na pelete ili plin, CHP jedinice) integrirati u planiranu mrežu.

Pokrivenost vršnim opterećenjem fosila ne može zadovoljiti zahtjev za dekarbonizaciju. Stoga bi se proizvodnja topline za mreže grijanja (toplinske mreže) u budućnosti trebala sve više provoditi s nekoliko obnovljivih izvora energije.

Komplementarni izvori topline mogu biti:

- Otpadna toplina iz ispušnih plinova postrojenja za izgaranje biomase za izravnu i neizravnu uporabu s toplinskom pumpom
- Otpadna toplina iz rashladnih postrojenja za izravnu i neizravnu uporabu s toplinskom pumpom
- Otpadna toplina iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda i otpadnih voda (WWTP) za neizravnu uporabu s toplinskom pumpom
- Otpadna toplina iz industrijskih procesa za izravnu i neizravnu uporabu s toplinskom pumpom
- Toplina okoline iz slojeva zraka u blizini zemlje, površinskih voda i geotermalne energije bliske površine za neizravnu uporabu s toplinskom pumpom
- Geotermalna energija do dubine od oko 500 metara, kao i geotermalna energija na većim dubinama za izravnu ili neizravnu uporabu s toplinskim crpkama, uključujući korištenje podzemnih voda.

Komplementarni sustavi za proizvodnju topline su:

- Toplinske pumpe
- Solarni toplinski sustavi
- Kotao na bioplin/bio ulje
- Bioplin/bio-naftni CHP (kombinirane termoelektre i elektrane)

Interakcija sustava izgaranja biomase s dodatnim izvorima topline / sustavima za proizvodnju topline određena je dostupnošću izvora topline ili sustava za proizvodnju topline.

Zahtjevi u pogledu Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27**

Pri kombiniranju sustava biomase s dodatnim izvorima topline ili dodatnim sustavima za proizvodnju topline moraju se poštovati sljedeći ciljevi:

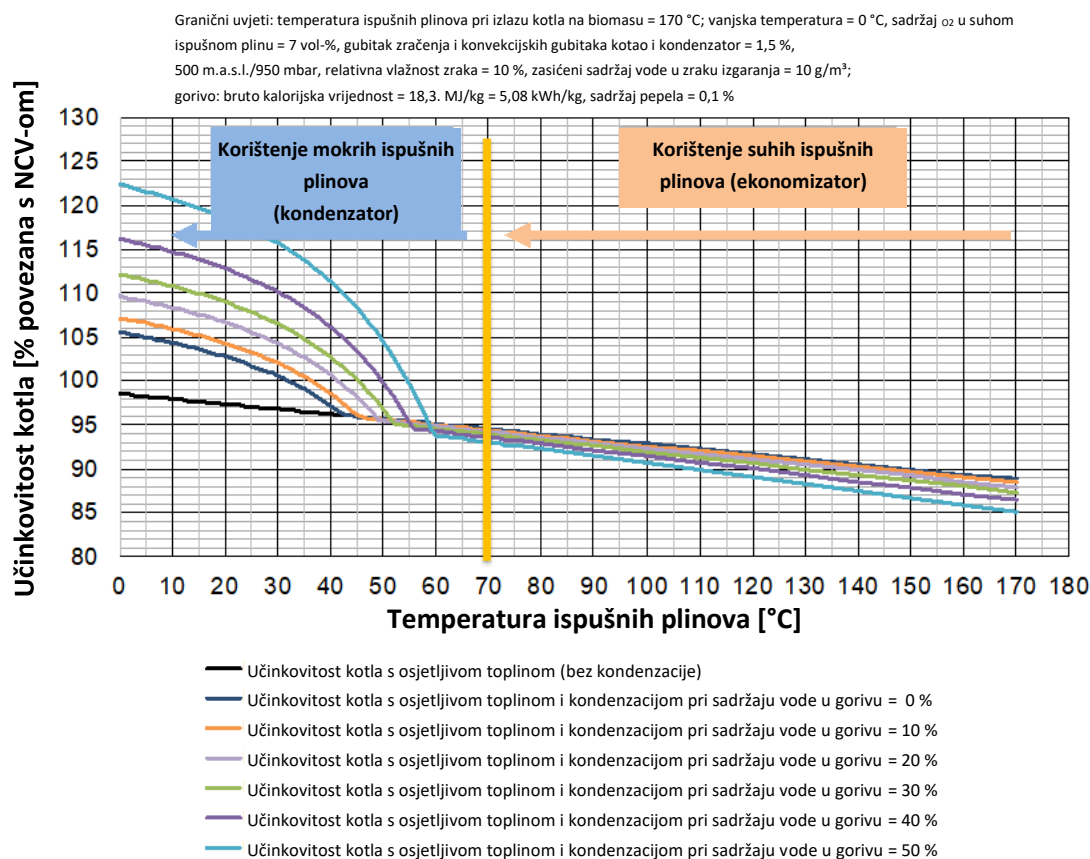
- Zamjena fosilnih izvora energije za proizvodnju topline neutralne na CO₂
- Energetski učinkovito korištenje potencijala biomase. Ograničeni potencijal treba optimalno iskoristiti.
- Zamjena biomase drugim obnovljivim izvorima energije, gdje je to moguće i prikladno. Potencijal obnovljivih izvora energije treba proširiti i oni će se koristiti optimalno.
- Izbjegavanje "konkurentnih situacija" između različitih obnovljivih izvora energije - kombiniranje umjesto natjecanja!

Za uspješnu provedbu navedenih komplementarnih izvora topline i sustava za proizvodnju topline uvijek se moraju uzeti u obzir osnovni zahtjevi odabranih tehnologija. Na primjer, kako bi se povećala učinkovitost, neke tehnologije zahtijevaju niske temperature povrata u mreži grijanja s ciljnom vrijednošću od 40 °C ili niže temperature protoka u mreži grijanja s ciljnom vrijednošću od 70 °C.

S dodatnim sustavima za proizvodnju topline u konstrukciji kotla smatra se da kotlovi na biomasu moraju raditi uz potrebnu minimalnu iskorištenost u skladu Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27**. Korištenje dodatnih sustava za proizvodnju topline može smanjiti broj radnih sati punog opterećenja kotlova na biomasu, tako da se vrijednosti potrebne u Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..28** više ne mogu zadovoljiti.

Cjelokupni sustav trebao bi biti osmišljen i funkcionirati tako da se osnovni zahtjevi navedeni u poglavlju 13.3 mogu ispuniti u svakom trenutku.

13.7.2 Povrat topline iz ispušnih plinova



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**13215 Učinkovitost kotla kao funkcija temperature ispušnih plinova i sadržaja vode u gorivu. Korištenje suhog ispušnog plina ekonomizatorom, korištenje vlažnih ispušnih plinova s kondenzacijom ispušnih plinova (izvor Verenum AG).

13.7.2.1 Opće napomene

Nakon izlaska iz kotla ili sustava za čišćenje dimnih plinova, dimni plin i dalje može imati temperature od 120 do >160 °C i odgovarajući visok sadržaj energije, ovisno o dizajnu i radnom stanju.

Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**132 prikazan je potencijal za povećanje učinkovitosti kotla upotrebom ekonomizatora i kondenzacijskih sustava dimnih plinova. U skladu s tim trebalo bi ispitati varijante povrata topline iz dolje opisanog dimnog plina radi učinkovite potrošnje energije iz biomase. Više informacija možete pronaći u poglavlju **Pogreška! Izvor reference nije pronađen..**

13.7.2.2 Ekonomizator

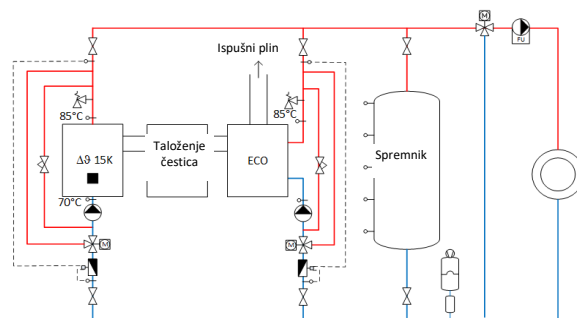
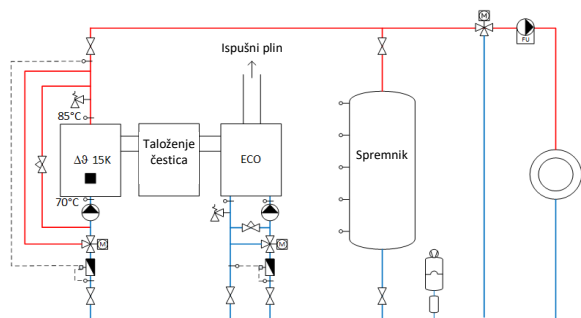
Na izlazu separatora čestica dimni plinovi imaju temperature u rasponu od 120 °C pri djelomičnom opterećenju do 160 °C pri nazivnoj izlaznoj kotlovnici. U ekonomizatoru se osjetljiva toplota oporavlja hlađenjem dimnih plinova na oko 70 °C (oko 15 K iznad točke

rosišta). Uz visoku godišnju iskorištenost kotla može se postići dodatni udio WRG-a od 5 do 7 % proizvedene toplinske količine kotla na biomasu.

Hidraulički, ekonomizator se obično povezuje u seriji s glavnim povratkom nakon spremnika (na strani kotla) (vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**133., dijagram s lijeve strane). Hidrauličnu integraciju ekonomizatora paralelno s kotlom na biomasu (vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**133, dijagram s desne strane), dakle poput dodatnog generatora topline, treba uzeti u obzir ako je glavna temperatura protoka < 85 °C, glavna povratna temperatura > 65 °C ili medij za prijenos topline kotla na biomasu (npr. toplinsko ulje, pare ili tople vode) iznosi > 110 °C, a toplota koju proizvodi ekonomizator može se prenijeti u sustav tople vode.

Često postavljana pitanja 17 detaljno opisuju prednosti i nedostatke različitih varijanti integracije ekonomizatora na strani grijanja vode i ispušnih plinova.

Dodatne informacije mogu se pronaći u 5.4 i poglavlju **Pogreška! Izvor reference nije pronađen..**



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..13316** Shematski dijagram sustava s integracijom ekonomizatora u seriju u povratku (lijevo) ili paralelno (desno).

13.7.2.3 Kondenzacija dimnih plinova

U sustavu kondenzacije dimnih plinova, latentna toplota u dimnom plinu također se oporavlja zajedno s osjetljivom toplinom. Dimni plinovi se hlade znatno ispod točke rosišta kako bi se postigao maksimalni povrat topline.

Kako bi se mogao postići udio WRG-a > 10 % ili ciljne vrijednosti > 15 %, moraju se ispuniti sljedeći okvirni uvjeti:

- Niska povratna temperatura sustava grijanja
- Višak udjela zraka λ u stacionarnoj radnoj fazi tijekom cijelog izlaznog raspona kotla 30 % do 100 %: < 1,5 mokra baza
- Potrebna recirkulacija dimnih plinova i optimalno korištenje sustava kotlova na biomasu (radno vrijeme punog opterećenja > 3.000 h/a, nekoliko faza pokretanja i izgaranja).
- Prosječni sadržaj vode za gorivo najmanje M40
- Temperaturna razlika izmjenjivača topline između temperature dimnih plinova na izlazu i povratne temperature sustava grijanja < 4 K u kućištu dizajna pri maksimalnom kapacitetu povrata topline i < 2 K tijekom cijelog radnog vremena.

Povratna **temperatura** određuje brzinu povrata topline. **Svaki Kelvin** da se dimni plin može ohladiti ispod točke rosišta **povećava** stopu povrata topline **za 1 %**.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..307** Osnovni zahtjevi za učinkovit rad kondenzacije ispušnih plinova.

Sadržaj prosječne vode	Vrsta goriva	Povratna temperatura
M 40	Drvena sječka od šumskih ostataka	< 45 °C

M 40	Drvena sječka od šumskih ostataka (> nominalne proizvodnje kotla od 1.000 kW)	< 50 °C*
M 50	Industrijsko otpadno drvo iz pilane	< 50 °C

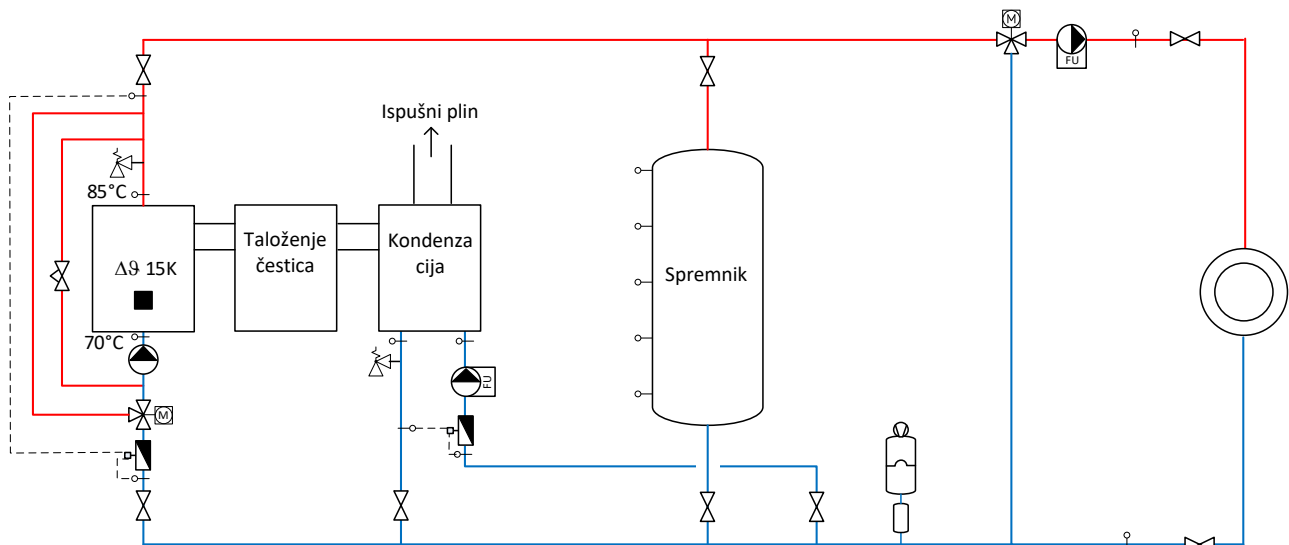
* s ovlaživanjem zraka s unutarnjim izgaranjem

Kao osnovna varijanta, sustav kondenzacije dimnih plinova hidraulički je integriran u seriju u glavni povrat (vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..134**). Kako bi se osigurala najniža moguća povratna temperatura, protok volumena za kondenzaciju mora se odrediti uzvodno od spremnika. Kako bi se osigurao protok volumena preko kondenzacije, povrat mora biti između spremnika i kotla. Zbog simultanosti kotla i kondenzacije, funkcija hidraulike stoga se može jamčiti bez prelijevanja.

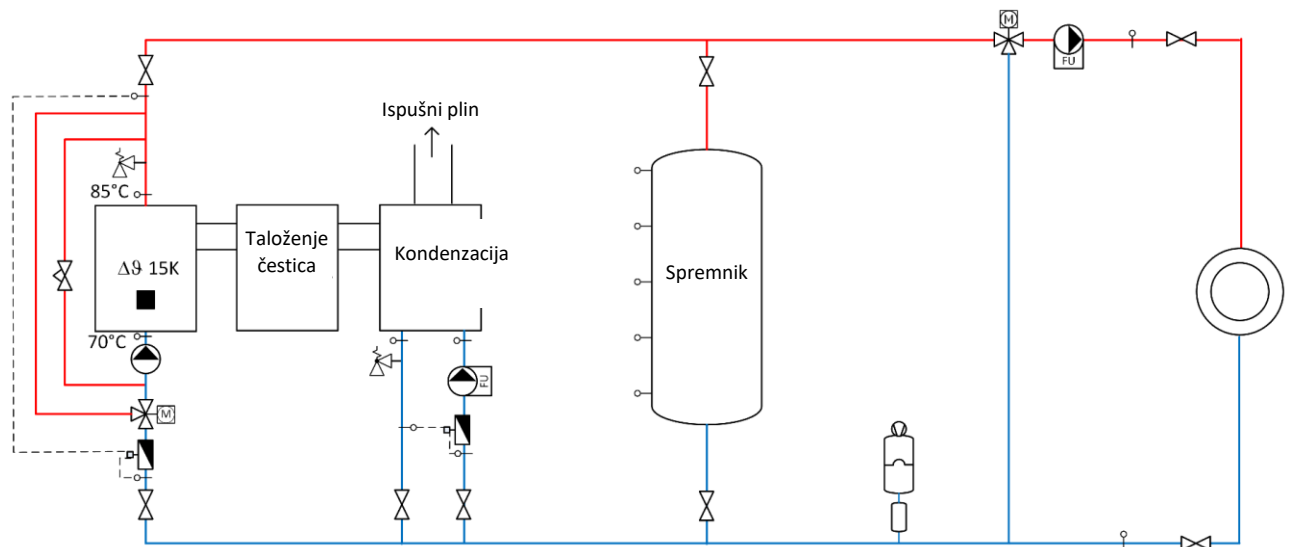
Također je moguće ugraditi kondenzaciju u glavni povrat između spremnika i kotla (vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..135**). Ako je protok volumena u glavnom povratku nizak, protok volumena u krugu kondenzacijskog sustava dimnih plinova mora se smanjiti smanjenjem kapaciteta crpke tako da se može isključiti prelijevanje sustava kondenzacije dimnih plinova u ulaz kondenzacijskog sustava dimnih plinova. Ugradnja nepovratnog ventila ili nepovratnog preklopa dodatna je mjera za sprečavanje neželjenog prelijevanja.

U iznimnim slučajevima, npr. u slučaju razdvajanja mreže između proizvodnje topline i mreže grijanja ili u slučaju linije s niskim povratnim temperaturama, kondenzacija dimnih plinova može se integrirati u mrežni povrat (vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..136**). U tom slučaju mora se uzeti u obzir simultanost proizvodnje topline kondenzacijskog sustava dimnih plinova s potražnjom za toplinom u mreži i odgovarajućim masovnim tokovima u povratku.

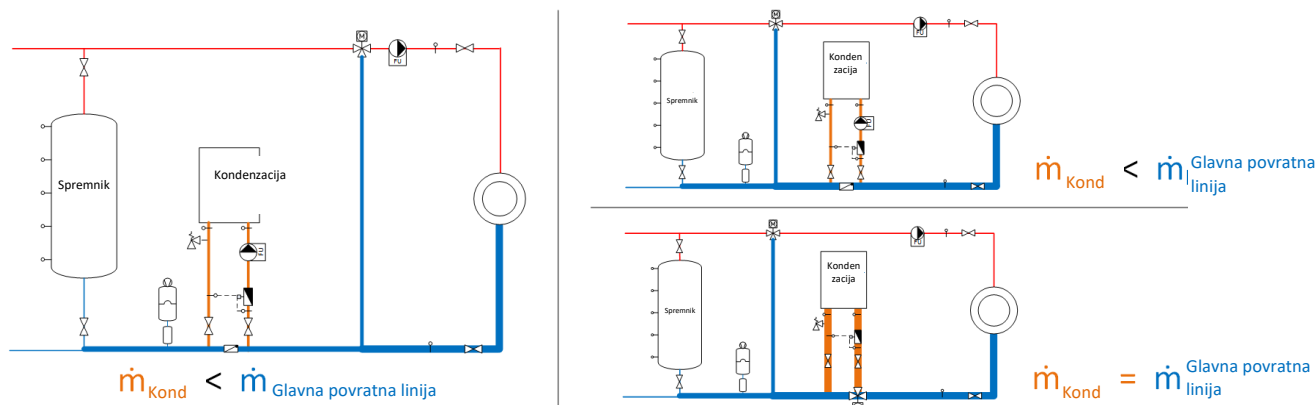
Često postavljana pitanja 17 detaljno opisuju prednosti i nedostatke različitih varijanti za integraciju sustava kondenzacije dimnih plinova na strani grijanja vode i dimnih plinova.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**13417 Shematski dijagram sustava s kondenzacijom dimnih plinova integriran u glavni povrat: ulaz kondenzacije dimnih plinova uzvodno od spremnika, izlaz kondenzacije dimnih plinova između spremnika i kotla.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**13518 Shematski dijagram sustava s kondenzacijom dimnih plinova integriran u glavni povrat: ulaz kondenzacije dimnih plinova i izlaz kondenzacije dimnih plinova između spremnika i kotla.

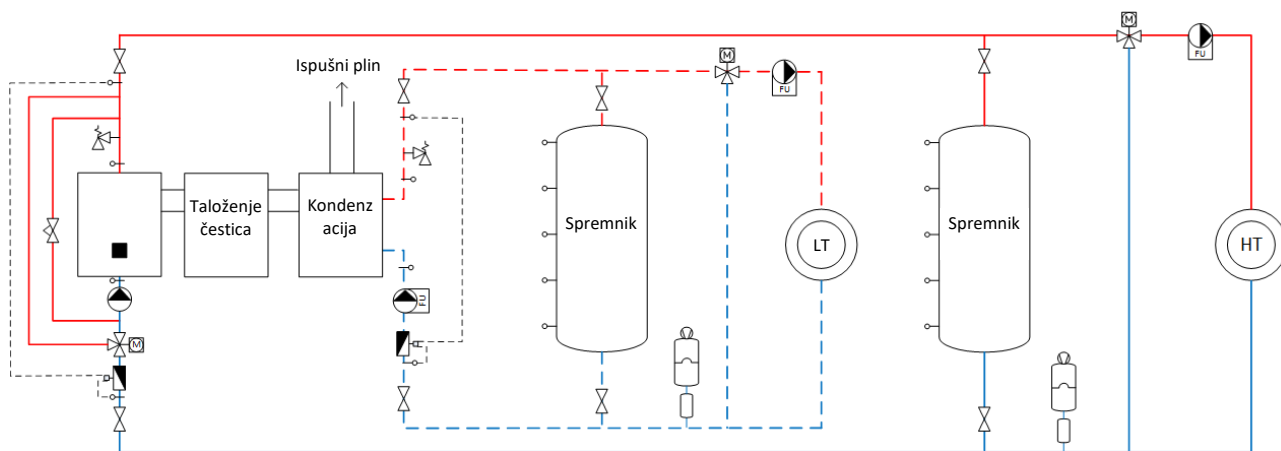


Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..13619** Shematski dijagram s integracijom kondenzacije dimnih plinova u glavnom povratku uzvodno od spremnika.

13.7.2.4 Povrat topline kondenzacijom dimnih plinova za niskotemperaturnu mrežu

Ako se potrošači s niskim temperaturama povrata i niskim temperaturnim zahtjevima mogu prisluškivati putem zasebne niskotemperaturne mreže, niskotemperaturna mreža može se opskrbljivati samo otpadnom toplinom iz kondenzacije dimnih plinova. Zbog niske temperature može se postići znatno veći prinos topline iz kondenzacije dimnih plinova.

Napomena: Za pokrivanje vršnog opterećenja ili iz higijenskih razloga, temperature rešetke mogu se privremeno podići toplinom iz primarnog sustava. Zbog znatno niže temperature dimnih plinova tijekom normalnog rada nego u slučaju kvara kondenzacijskog sustava dimnih plinova, posebna pozornost mora se posvetiti dimenzioniranim presjekom dimnjaka (vidi dio 13.10.4.2) i načinu rada u slučaju kvara.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..13720** Shematski dijagram integracije kondenzacije dimnih plinova u niskotemperaturnu mrežu.

13.7.3 Toplinske pumpe/dizalice topline

13.7.3.1 Opće informacije

Toplinska pumpa izvlači toplinu iz izvora topline s nižom temperaturnom razinom kako bi se ta toplina podigla na višu razinu temperature. Toplina na višoj temperaturnoj razini može se koristiti u svrhu grijanja. Pretpostavlja se da je poznato radno načelo ciklusa toplinske crpke i definicija odgovarajućih ključnih figura.

Učinkovitost sustava toplinske pumpe definirana je koeficijentom performansi (COP) i **godišnjim COP-om**.

Ocjena kvalitete pokazuje kako se koeficijent performansi COP stvarnog stroja razlikuje od COP-a idealnog CARNOT termodinamičkog ciklusa (Carnot-COP).

Osnovni zahtjevi za sustav toplinske crpke su:

- Rashladno sredstvo (radni medij) toplinske pumpe ima visoku ekološku kompatibilnost s obzirom na potencijal iscrpljivanja ozona (ODP) i potencijal globalnog zagrijavanja (GWP).

- Rashladno sredstvo mora biti prikladno za cijeli raspon primjene temperature.
- Dizajn toplinske pumpe mora odgovarati opterećenju jedinice. Toplinska pumpa s 8.000 radnih sati punog opterećenja godišnje mora se ostvariti u standardu industrijske zgrade.
- Moraju se poštivati zakonski zahtjevi za izgradnju sustava toplinske crpke. Moraju se poštovati svi relevantni standardi i direktive (odobrena rashladna sredstva, emisije buke, potencijal opasnosti, ventilacija prostorije za ugradnju, upozorenje na plin itd.).

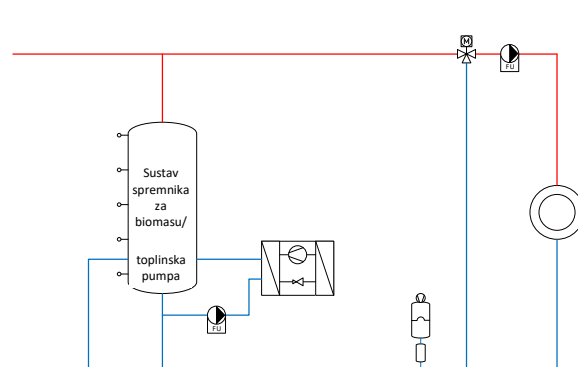
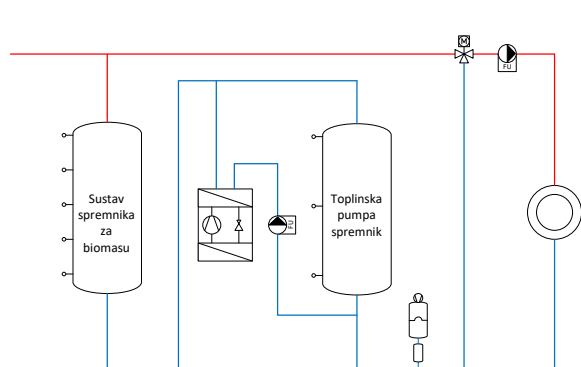
13.7.3.2 Energetska učinkovitost sustava toplinske pumpe

Sustavom toplinske pumpe mora se upravljati s visokim koeficijentom performansi (COP) odnosno visokim godišnjim COP-om. Pri projektiranju sustava moraju se uzeti u obzir sljedeće točke:

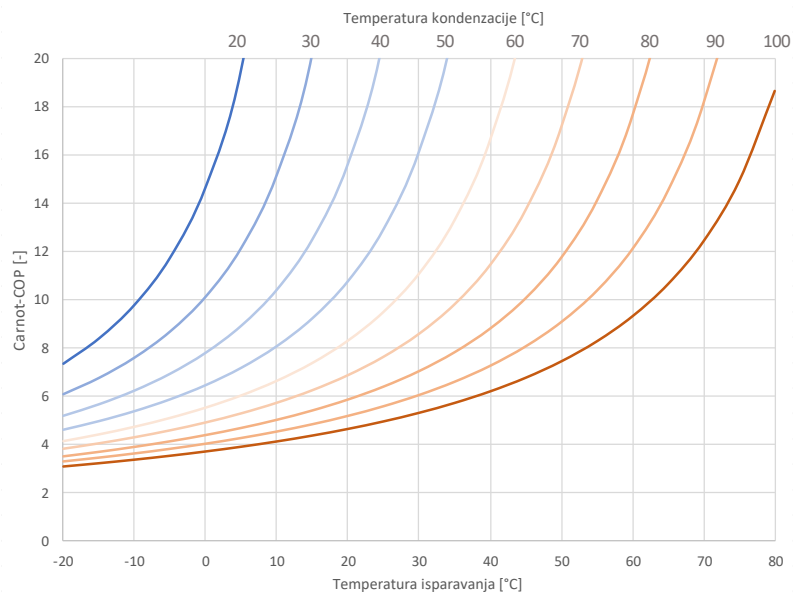
- Rad na najmanjem mogućem podizanju temperature (temperaturna razlika između sudopera i izvora). Generiranu toplinu treba koristiti na najnižoj mogućoj temperaturnoj razini. Mora se uzeti u obzir optimalno korištenje otpadne topline iz vrućeg plina s obzirom na moguće podizanje temperature.
- Odabir toplinske pumpe visoke kvalitete COP-a ili visoke Slika Pogreška! U dokumentu **nema teksta navedenog stila..139** . i Slika Pogreška! U dokumentu **nema teksta navedenog stila..140**).
- Kontinuirani rad sustava na optimalnoj radnoj točki s promjenjivom toplinskom snagom s nekoliko početnih/zaustavnih faza za smanjenje trošenja. U tu svrhu može se koristiti nekoliko toplinskih crpki,

toplinskih crpki s kontrolom brzine ili kombinacija obje varijante.

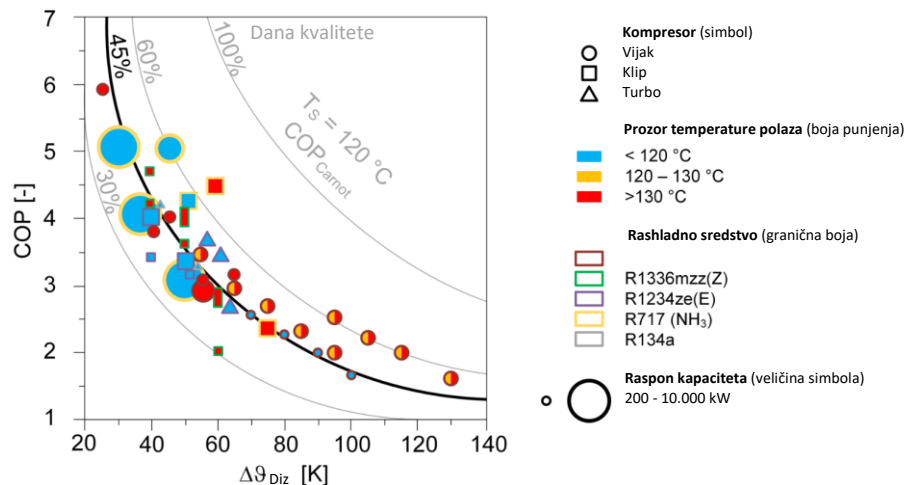
- Hidraulička integracija sustava toplinske pumpe za podizanje temperature glavnog povratka:
 - Glavna povratna temperatura mreže grijanja mora biti konstantna na najnižoj mogućoj temperaturnoj razini.
 - Toplinska dovod sustava toplinske pumpe za povećanje povratne temperature mora se provesti prema najmanjoj mogućoj temperaturnoj razlici ovisno o prijenosnom kapacitetu u promjenjivom protoku volumena kruga toplinske crpke.
 - U sljedećim radnim uvjetima sustav toplinske pumpe mora unositi toplinu u spremnik koji je u seriji spojen na glavni povrat (vidi Sliku Pogreška! U dokumentu **nema teksta navedenog stila..138** lijevo) ili u donji dio spremnika koji je spojen paralelno s generatorima topline (vidi sliku Slika Pogreška! U dokumentu **nema teksta navedenog stila..138** desno):
 - Krivulja proizvodnje topline sustava toplinske crpke nije identična krivulji smanjenja opterećenja u mreži grijanja: 1-stupanjska toplinska pumpa
 - Unos topline iz izvora topline (npr. kondenzacijski sustav dimnih plinova, rashladni stroj) vremenski kasni u odnosu na potražnju za opterećenjem u mreži grijanja. Kratkoročno, u mreži grijanja mogu se pojaviti velike fluktuacije opterećenja. Ova hidraulička integracija omogućuje stalno nisku temperaturu povrata u krugu toplinske crpke unatoč različitim obrascima opterećenja grijaće mreže u odnosu na uzorak proizvodnje topline toplinske crpke



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..138**21 Shematski dijagram za integraciju toplinskih pumpi.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..139** COP Carnot procesa. Dijagram se temelji na kvaliteti 1 idealnog stroja ili toplinske pumpe. U stvarnom radu toplinske pumpe imaju kvalitetan stupanj od 0,4 do 0,6.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..14023** Ocjena kvalitete i COP stvarnih strojeva kao funkcija podizanja vanjske temperature, tj. temperaturne razlike između izlazne temperature sudopera i temperature na ulazu u izvor[134]

Za ekonomičan i energetski učinkovit rad sustava toplinske pumpe za centralizirane toplinske sustave na biomasu mora se poštovati ciljna vrijednost **godišnjeg cop > 4**. Godišnji faktor performansi ili koeficijent učinkovitosti COP izravno je povezan s podizanjem temperature koje sustav toplinske crpke mora postići (vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..139**). Stanje industrijskih sustava toplinskih crpki je:

- Podizanje temperature 30 K, COP 6 do 7*
- Podizanje temperature 40 K, COP 4 do 5*
- Podizanje temperature 60 K, COP 3 do 4* (npr. 15 °C do 75 °C)

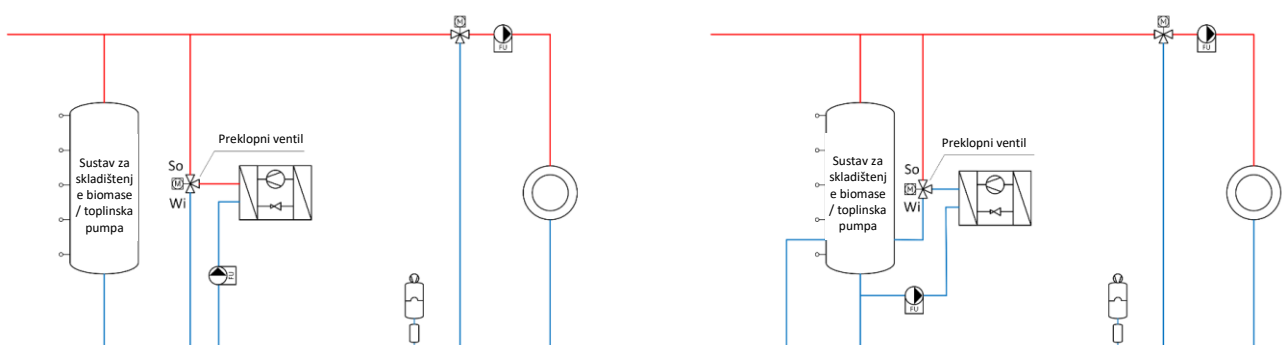
*Toplinske pumpe visoke kvalitete

Pri odabiru **rashladnog sredstva** potrebno je osigurati odp vrijednost od 0 i nisku vrijednost GWP-a (vidi Pravilnik o smanjenju rizika od kemikalija, ChemRRV [135]). U mjeri u kojoj je to moguće, prirodna rashladna sredstva treba uzeti u obzir

13.7.3.3 Hidraulička integracija sustava toplinske pumpe za ljetni rad

Ako temperatura protoka toplinske crpke u ljetnom radu (kada se toplina stvara samo sa sustavom toplinske crpke) odgovara temperaturi protoka opskrbe mreže centraliziranog grijanja, toplinska crpka može napuniti spremnik kotlovskog sustava biomase (vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..141**). Kada sustav toplinske pumpe radi zajedno sa sustavom izgaranja biomase, toplinska crpka unosi toplinu u glavni povratak uzvodno od spremnika ili u donji dio spremnika kako bi podigla povratnu temperaturu.

Napomena: U načelu se uvijek moraju poštivati osnovni QM zahtjevi!

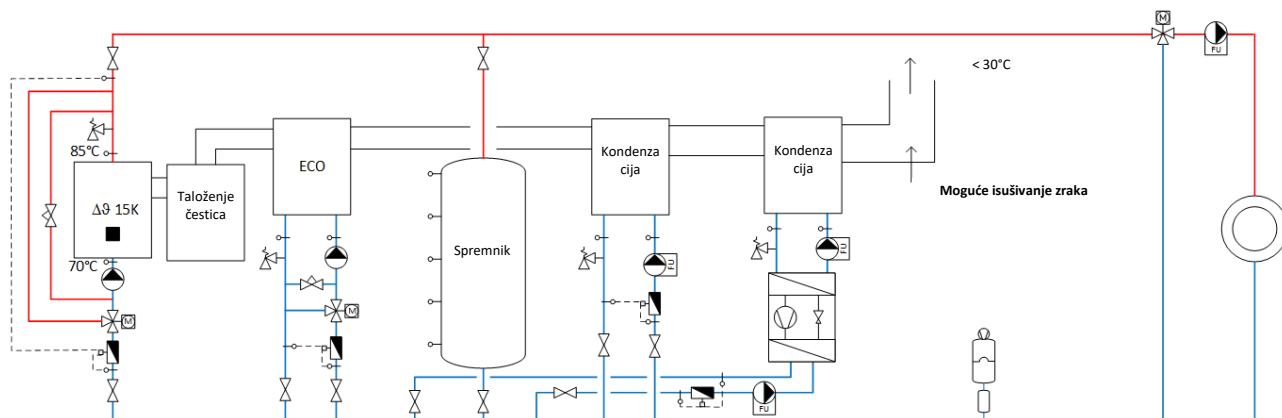


Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..14124** Shematski dijagram za integraciju toplinske pumpe za ljetni rad.

13.7.3.4 Toplinska pumpa u kombinaciji s kondenzacijom dimnih plinova

Udio povrata topline kondenzacije dimnih plinova može se povećati do 30 % ako se dimni plinovi, nakon hlađenja s glavnom povratnom temperaturom grijaće mreže, dodatno ohlade na $< 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ uz pomoć toplinskih pumpi.

Sustav toplinske crpke mora se hidraulički ugraditi tako da se proizvedena topline u seriji ubacuje u glavni povrat (vidi Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..142**). Time se postiže visoki COP koji postaje veći što je manje podizanje temperature.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..142**25 Shematski dijagram integracije toplinske pumpe u kondenzaciju dimnih plinova.

To se, na primjer, može postići korištenjem nekoliko kompresijskih toplinskih pumpi, toplinske pumpe s kontrolom brzine za krug izvora topline i korisnog toplinskog kruga ili kombinacijom dviju opcija. Dodatna toplinska snaga koju sustav toplinske crpke dobiva korištenjem kondenzacijskog sustava dimnih plinova znatno povećava ukupnu toplinsku snagu proizvodnje topline. Prilikom odabira toplinske pumpe treba osigurati da je prikladna i za podizanje niske temperature i za relativno visoku temperaturu izvora.

Apsorpcijske toplinske pumpe rade s kotlom za toplu vodu u temperaturnom rasponu od $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Oko 30 % proizvodnje kotla za toplu vodu kotla na biomasu (kotlovi na biomasu) potrebno je za pogonsku toplinu apsorpcijske toplinske crpke. Kao opcija, ukupna proizvodnja kotlova na kotlove na biomasu može se podijeliti na 70 % tople vode i 30 % proizvodnje kotla za toplu vodu sa zajedničkim sustavom kondenzacije dimnih plinova. Topla voda (30 % ukupnog protoka volumena kruga kotla) hladi se s približno $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ na približno $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ u apsorpcijskom toplinskom pumpi. COP od oko 1,7 rezultira protokom od $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ i povratnom temperaturom od $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ na strani kondenzatora (koristi se za podizanje glavne povratne temperature centraliziranog grijanja) i temperaturom dimnih plinova nakon kondenzacije dimnih plinova od $< 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..143**).

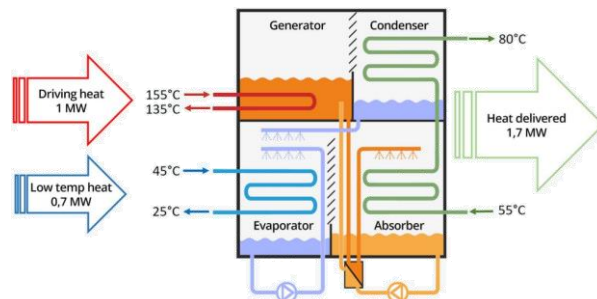
Kako bi se održalo nisko podizanje temperature sustava toplinske crpke, mora se osigurati niska glavna povratna temperatura. Treba napomenuti da izravni dio povrata topline kroz kondenzacijski sustav dimnih plinova već dovodi do povećanja glavnog povratnog toka.

Ekonomizator mora biti hidraulički integriran u glavni povrat nakon povećanja temperature sustavom toplinske crpke.

Kada se koriste **kompresijske toplinske pumpe**, treba ciljati $\text{COP} > 4$ i sustav bi trebao biti dizajniran tako da se njime može upravljati u stalno optimalnim radnim uvjetima unatoč fluktuirajućim protokom volumena ispušnih plinova moduliranjem izlaza kotla.

Ovdje se učinkovitost potrošnje goriva može povećati za otprilike 20 % kondenzacijom dimnih plinova pri sadržaju vode za gorivo M 50. Dodatni prinos ekonomizatora se ne uzima u obzir.

Apsorpcijske toplinske crpke za sustave povrata topline s kondenzacijom dimnih plinova koriste se u postrojenjima za biomasu s ukupnim potrebnim toplinskim kapacitetom $> 5\text{ MW}$. U idealnom slučaju, neki kupci (najviše oko 50 %) također zahtijevaju toplu vodu, kao što je slučaj s mljekarama, praonicama rublja i drugim potrošačima procesne topline.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..143**26 Apsorpcijska toplinska pumpa (LiBr, jednostupanjska; izvor: STEPSAHEAD).

Područje primjene **rotacijskih toplinskih crpki** za povrat topline kondenzacijom dimnih plinova nalazi se u

postrojenjima za biomasu DH s ukupnim potrebnim toplinskim kapacitetom > 5 MW.

Prednosti rotacijskih toplinskih pumpi:

- Nema problematičnog rashladnog sredstva ODP = 0, GWP = 0, nezapaljivo, netoksičan (plemeniti plin)
- Širok raspon uporabe od -20 °C do 150 °C s jednim te istim strojem i radnom opremom
- Temperature i izlazi vrlo fleksibilno podesivi
- Prednosti za primjenu na visokim temperaturama < 100 °C.

Nedostaci rotacijskih toplinskih pumpi:

- umjereni COP
- visoki troškovi
- zahtjev za visokim prostorom.

13.7.3.5 Povrat topline s kondenzacijom dimnih plinova za hladno daljinsko grijanje

Punjenje topline iz kondenzacijskog sustava dimnih plinova u mrežu s temperaturom protoka od oko 15 °C omogućuje hlađenje dimnih plinova na < 20 °C, što rezultira visokim udjelom povrata topline kondenzacije dimnih plinova. Toplina se distribuira kao hladno centralno grijanje i podiže se na potrebnu temperaturu decentraliziranim toplinskim pumpama (godišnji COP > 4). To omogućuje visoku energetske učinkovitu uporabu biomase.

13.7.4 Solarna energija

13.7.4.1 Ciljevi

U nastavku su navedeni ciljevi korištenja sunčeve energije u svezi s radom toplane na biomasu:

- Učinkovito izravno korištenje sunčeve energije omogućuje smanjenje potražnje za biomasom u mjesecima s visokim sunčevim zračenjem. Biomasa bi se trebala koristiti u mjesecima s niskim sunčevim zračenjem.
- Izbjegavanje rada kotla na biomasu ljeti s nedovoljnim korištenjem u radu s malim opterećenjem.
- Smanjenje uporabe fosilnih goriva (lož ulje, plin) ljeti kada nema dovoljno korištenja kotla na biomasu u radu s malim opterećenjem.

13.7.4.2 Solarni toplinski sustavi za mreže grijanja

Solarni toplinski sustav za mrežu centraliziranog grijanja projektiran je na temelju prosječnog ljetnog opterećenja, odnosno prosječnog dnevnog opterećenja mreže grijanja ljeti kao potražnje toplinskog kapaciteta neovisnog o vremenskim uvjetima prema Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**.144. Hidraulička integracija Sunčevog toplinskog sustava u mrežu grijanja može se centralizirati ili decentralizirati.

S nizom toplinskih solarnih kolektora, koji je dimenzioniran prema prosječnom dnevnom opterećenju mreže grijanja ljeti, 100 % potražnje za toplinom može se pokriti ljeti, a dio u prijelaznom razdoblju. Sustav kotlova na biomasu pušten je u rad tek na početku sezone grijanja.

Ako ograničeno područje kolektorskog polja sprječava 100% ljetnu pokrivenost, potrebnu preostalu pokrivenost mora osigurati kotao na biomasu visoke kvalitete goriva ili, kao alternativa, kotao koji idealno radi s bio-uljem ili bioplinom (vidi poglavlje 13.6.2.).

Različiti primjeri i mogućnosti integracije solarnih toplinskih sustava mogu se naći na web stranici Solarnog centralnog grijanja ili Euroheat&Power (<https://www.solar-district-heating.eu> <https://www.euroheat.org/>).

Sljedeća empirijska formula, uzimajući u obzir vrijednosti u Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.** 31 . omogućuje grubu procjenu potrebne ukupne kolektorske površine. Detaljno dimenzioniranje ukupne kolektorske površine mora se provesti uzimajući u obzir učinkovite okvirne uvjete. Jednostavni primjenjivi alati, koji su dostupni besplatno, olakšavaju dimenzioniranje (npr. www.scfw.de).

*Kolektorska površina = faktor kolektorske površine [m²/kWsummer potražnja] * prosječno dnevno opterećenje grijanja ljeti [potražnja za kWsummerom].*

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.** 318 Procjena površine kolektora i zapremine skladišta za različite solarne frakcije (osnova: 10 realiziranih postrojenja u CH, DE i AT)

Faktor kolektorske površine [m²/kW ljetna potražnja]	Volumen pohrane [l/m²collecto r]	Godišnja pokrivenost * [%]	Ljetna solarna frakcija [%]
20	100	oko 20	100
4	200	oko 6	40
2	300	cca 3	20

* Godišnja potražnja za toplom vodom u kućanstvu iznosila je 25 % ukupne potražnje za toplinskom potrošnjom, a potražnja za toplinom izvan razdoblja grijanja (ljeti) oko 10 % godišnje potražnje za toplinskom potrošnjom (potražnja za toplinskom toplinom za toplom vodom u kućanstvu i gubici u distribuciji topline mreže centraliziranog grijanja). Što je veći udio godišnje potražnje za toplom vodom u kućanstvu, to je veća moguća godišnja pokrivenost.

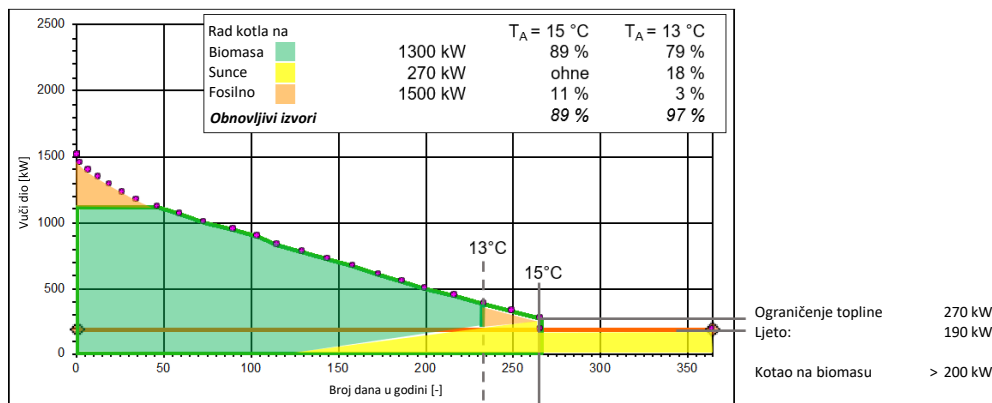
Uz pretpostavku godišnjeg prinosa kolektora od 400 do 500 kWh/m², sljedeći redovi veličine rezultiraju:

- S kolektorskom površinom od oko 20 m²/kW i skladišnim volumenom od oko 100 litara/m² kolektorske površine, može se postići solarni udio do oko 20 % s obzirom na ukupnu godišnju potražnju za toplinom mreže grijanja. Ljeti solarna frakcija u ovom slučaju može biti gotovo 100 %.
- S kolektorskom površinom od oko 4 m²/kW i skladišnim volumenom od 200 litara/m² kolektorske površine, može se postići solarni dio do 6 % s

obzirom na ukupnu godišnju potražnju za topline mreže grijanja.

- S kolektorskom površinom od 2 m²/kW i skladišnim volumenom od 300 litara/m² kolektorske površine,

može se postići solarni dio do 3 % s obzirom na ukupnu godišnju potražnju za topline mreže grijanja.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..144** Godišnja krivulja trajanja toplane na biomasu s kotlom na biomasu, kotlom na fosilna goriva i solarnim toplinskim sustavom

Preduvjet za razumnu energetske učinkovitu integraciju solarnog toplinskog sustava u mrežu toplane biomase jest da se kotlovima na biomasu može upravljati s visokom ukupnom godišnjom učinkovitošću $\eta_a > 90\%$. To zahtijeva optimalno korištenje kotlova na biomasu, u kombinaciji s energetske učinkovitom uporabom topline iz dimnih plinova.

- Dodatni prinos topline od ugradnje ekonomizatora iznosi oko 6 % proizvodnje topline kotla na biomasu. To odgovara prinosu solarnog toplinskog sustava s 4 m² površine solarnog kolektora po kW prosječnog dnevnog opterećenja grijanja ljeti i solarnom godišnjom pokrivenošću do 6 %.
- Dodatni prinos topline od ugradnje kondenzacijskog sustava dimnih plinova iznosi oko 15 do 20 % proizvodnje topline kotla na biomasu. To odgovara prinosu solarnog toplinskog sustava s 20 m² površine solarnog kolektora po kW prosječnog dnevnog opterećenja grijanja ljeti i solarnim udjelom do 20 %.

Napomena: Ako solarni toplinski sustav ne može pokriti cijelu ljetnu potražnju, upotreba kotla na biomasu u radu znatno je ograničena prinosom topline solarnog toplinskog sustava. Ako je iskorištenost znatno niža od minimalnog prosječnog potrebnog dnevnog opterećenja grijanja kotla na biomasu u skladu s Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..27**, to dovodi do snažnog smanjenja godišnje učinkovitosti η_a kotla na biomasu u radu. U tim okolnostima kombinacija solarnog toplinskog sustava s kotlom na biomasu za pokrivanje potražnje za topline ljeti može imati nepovoljan učinak u smislu energetske učinkovitosti.

Korištenje kotla na biomasu također je značajno smanjeno u prijelaznom razdoblju toplinskim prinosom sunčevog toplinskog sustava. Taj se problem može vidjeti u godišnjoj krivulji trajanja Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..144**. Sa solarnom frakcijom ljeti od gotovo 100 % (npr. zamjena fosilnih goriva ljeti), toplinski prinos Sunčevog toplinskog sustava rezultira znatno smanjenim opterećenjem kotla na biomasu u prijelaznom razdoblju. Odabir sustava "jedan kotao na biomasu s spremnikom (monovalentan

ili bivalentan)" rezultira nepovoljnim radom kotla na biomasu u prijelaznom razdoblju sa smanjenom godišnjom učinkovitošću η_a zbog preniskog opterećenja (znatno ispod minimalnog prosječnog dnevnog opterećenja grijanja zatraženog za kotao na biomasu).

Dodatni kotao na biomasu s malom izlaznom snagom za rad visoke kvalitete goriva (npr. s peletama ili kvalitetnom drvnom sječkom) ljeti i eventualno u prijelaznom razdoblju može spriječiti problem nedovoljnog korištenja kotla na biomasu zbog toplinskog prinosa sunčevog toplinskog sustava (vidi poglavlje 13.6.2.).

Stoga, za optimalan rad sustava izgaranja biomase u prijelaznom razdoblju uz potrebnu iskorištenost s dodatnim prinosom topline iz sunčevog toplinskog sustava, treba ispitati sljedeće varijante odabira sustava: 2 kotla na biomasu (podjela proizvodnje kotla od 1 do 2) ili više kotlovskih sustava s spremnikom.

Uobičajena jedinica za pohranu koristi se na sljedeći način:

- Ljeti se toplinski prinos sunčevog toplinskog sustava i proizvodnja topline kotlovskog sustava biomase unose u glavni protok.
- U prijelaznom razdoblju prinos topline sunčevog toplinskog sustava unosi se u najnižu trećinu spremnika za podizanje glavnog povrata. Gornje dvije trećine spremnika upravlja sustav kotlova na biomasu prema standardnom krugu postrojenja za grijanje biomase QM.
- Dodatne informacije mogu se naći u često postavljanim pitanjima 32 "Kako bi solarni kolektori trebali biti integrirani? ".

13.7.4.3 Decentralizirani solarni toplinski sustav kod potrošača

Uz gustoću priključka u mreži grijanja od $< 1 \text{ MWh}/(a \cdot m)$, trebalo bi ispitati može li se ljeti priprema tople vode u kućanstvu decentralizirati toplinskim solarnim kolektorskim sustavima kod potrošača, jer su za to

vrijeme gubici topline u grijačoj mreži znatno veći od potražnje za toplinom pri pripremi tople vode u kućanstvu.

U ovoj varijanti, mreža grijanja radi samo tijekom razdoblja grijanja. Gubici topline u mreži grijanja ljeti se izostavljaju i ne moraju biti pokriveni središnjim solarnim toplinskim sustavom s odgovarajućom potražnjom za električnom energijom za crpke solarnog toplinskog sustava i mreže grijanja.

Solarni toplinski sustav projektiran je prema domaćoj potrošnji tople vode svakog kupca. Također bi bilo moguće ljeti zagrijati vodu u prostorijama kupca pomoću toplinske pumpe (kotao za toplinsku pumpu u kombinaciji s fotonaponskim sustavom).

13.7.4.4 Kombinacija fotonaponskog sustava s toplinskom pumpom

Potražnja za toplinom mreže grijanja može se u potpunosti pokriti toplinskom pumpom ljeti. Ako se električna energija za toplinsku pumpu proizvodi fotonaponskim sustavom (fotonaponskim sustavom), ova proizvodnja topline je također obnovljiva. Nadalje, toplinska pumpa može se dodatno integrirati zimi za pokrivanje vršnog opterećenja ili kondenzaciju dimnih plinova.

Površina fotonaponskog modula ukupne površine od 5 do 7 m² po kW prosječnog dnevnog opterećenja grijanja u ljetnoj potražnji rezultira godišnjom proizvodnjom električne energije koja odgovara potražnji toplinske pumpe za pokrivanje potražnje za grijanjem ljeti.

Površina fotonaponskog modula također se može postaviti na nekoliko postojećih krovnih površina.

Mogu se napraviti sljedeće pretpostavke:

- Potražnja za ljetnim vrućinama: 10 % ukupne godišnje potražnje za toplinskom toplinom
- Izvor topline izvan zraka u prosjeku > 15 °C, toplinska mreža temperature protoka 70 °C
- Godišnji faktor performansi (APF) toplinske pumpe > 3 (do 4 za toplinsku pumpu visoke kvalitete).

Za razliku od solarne toplinske, toplinska pumpa može se isključiti na početku prijelaznog razdoblja kako bi se pokrenuo kotao na biomasu. Na taj se način kotlom na biomasu može upravljati tijekom prijelaznog razdoblja uz potrebnu uporabu i bez gubitka godišnje učinkovitosti (vidi poglavlje 13.7.4.2.). Fotonaponska struja koja se ne koristi izravno može se uvesti u mrežu.

S izborom sustava "jedan kotao na biomasu s monovalentnim skladištenjem", toplinska pumpa treba biti dizajnirana veća. Uključivanje i isključivanje toplinske crpke omogućuje fleksibilnije projektiranje neizravne uporabe sunčeve energije fotonaponskim sustavom, uzimajući u obzir potrebnu uporabu kotla na biomasu. Korištenje solarne energije i proizvodnja topline odvajaju se na vrijeme.

Toplinska pumpa se također može koristiti za povrat topline s kondenzacijom dimnih plinova.

13.7.5 Iskorištavanje otpadne topline

13.7.5.1 Preliminarne napomene

Otpadna toplina je izraz koji se koristi za opisivanje toplinskih tokova koji se javljaju kao nusproizvod procesa i ispuštaju se u okoliš neiskorišteni i često s dodatnim izdacima energije za pumpe, ventilatore, izmjenjivače topline za ponovno hlađenje ili rashladne sustave, doprinoseći neželjenom grijanju. Iskorištenost otpadne topline (oporaba topline) odnosi se na mjere kojima se ta otpadna toplina koristi u druge procese ili svrhe, čime se povećava energetska učinkovitost.

Za razliku od topline iz generatora topline, otpadna toplina nije povezana s potražnjom, već s procesima. Pri projektiranju sustava, a posebno spremnika topline, moraju se uzeti u obzir kvalitativne (temperaturne) i kvantitativne (toplinske količine) fluktuacije u opskrbi otpadnom toplinom zbog sezonskih uvjeta, radnog vremena ili procesnih sekvenci i drugih razloga, kao i vremenski pomaci između opskrbe otpadnom toplinom i potražnje za toplinom. U Excel alatu za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava iz QM-a za centralizirane toplinske sustave na biomasu, korištenje otpadne topline može se uzeti u obzir pod "Maksimalna prosječna dnevna osnovna nosivost" pri projektiranju sustava.

Napomena: Industrijske tvornice obično rade u jednoj do dvije smjene od ponedjeljka do petka i ne proizvode tijekom Božića i Nove godine. Stoga je moguće da otpadna toplina iz industrijskih postrojenja za to vrijeme nije dostupna za grijanje prostora.

13.7.5.2 Izravna korištenje otpadne topline

Izvori otpadne topline > 80°C

Toplina iz otpadnih izvora topline > 80 °C (npr. otpadna toplina iz KO postrojenja, duboka geotermalna energija) obično je na istoj temperaturnoj razini kao i sustav grijanja na biomasu i može se integrirati izravno u glavni tok ili sustav za skladištenje topline paralelno s kotlovskim sustavom biomase.

Pri integraciji otpadnih izvora topline s relativno malom snagom i posljedično niskim protokom mase, treba napomenuti da brzinu protoka na kraju kupca treba prilagoditi tom masovnom protoku. Inače postoji rizik da se temperatura u protoku iskorištenosti otpadne topline pomiješa s velikim protokom mase, a spremnik topline se puni s dna.

Izvori otpadne topline > 60°C

Za izvore topline > 60 °C (industrijska otpadna toplina, toplina komprimiranog zraka, toplina grijača ili geotermalna energija srednje dubine), toplinu treba uvesti izravno u glavni povrat mreže grijanja. Na taj se način podiže glavna povratna temperatura i mora se dodati manje topline > 80 °C kako bi se postigla zadana temperatura mreže grijanja. Međutim, u tom se slučaju simultanost stvaranja otpadne topline i potražnje za

otpadnom toplinom kupaca ili mreže grijanja, kao i masovni tokovi glavnog povrata koji se podiže, moraju uskladiti s izlaznom otpadnom topline. Ako je potrebno, koristan je dodatni spremnik topline kako bi se nadoknadio vremenski pomak s potražnje za topline na opskrbu topline. Ako se ta otpadna topline dovodi izravno u spremnik topline sustava grijanja na biomasu, pri projektiranju spremnika topline mora se uzeti u obzir odgovarajuća količina topline i njezin utjecaj na temperaturu skladištenja. Spremnik mora biti dimenzioniran u skladu s tim i mora se osigurati održavanje maksimalne temperature povrata svih komponenti za proizvodnju topline.

13.7.5.3 Neizravno korištenje otpadne topline s toplinskom pumpom

Otpadni izvori topline < 50°C

Otpadna topline iz izvora topline s temperaturom nižom od glavne povratne temperature potrošača topline ne može se izravno koristiti. Ako nije dostupan hladnjak za izravno korištenje otpadne topline, ova otpadna topline može se podići na upotrebljivu temperaturnu razinu uz pomoć toplinske pumpe i uvesti u krug grijanja.

S obzirom na mogućnosti primjene, ograničenja primjene i zahtjeve za projektiranje toplinskih crpki, 13.7.3 poglavlju 13.7.3.

Mogu se koristiti sljedeći dodatni izvori topline za kondenzacijsku otpadnu topline iz ispušnih plinova, na primjer, s toplinskom pumpom:

- Otpadna topline iz rashladnih sustava
- Industrijska otpadna topline/industrijski ispušni zrak
- ARA otpadna topline (postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda)
- Podzemne vode (jezerska ili riječna voda)
- Geotermalna energija bliske površine (geotermalne sonde).

Otpadna topline iz rashladnih sustava (20 do 40°C)

Temperatura kondenzacije rashladnih sustava obično je između 30 °C i 40 °C. Ova razina temperature često se ne može koristiti izravno u toplinskoj mreži, već kao izvor za toplinsku pumpu. Ovisno o rashladnom sredstvu i dizajnu sustava, rashladno sredstvo može se izravno komprimirati na viši tlak u drugoj fazi ili podići na upotrebljivu temperaturu zasebnim sustavom.

Ovisno o svrsi primjene hlađenja, potražnja za topline varira sezonski. Ako se proizvodi uglavnom klimatizacijsko hlađenje, toplinska pumpa može se dobro koristiti za pokrivanje domaće potražnje za toplom vodom ljeti. Zimi se kao izvor toplinske pumpe može koristiti kondenzacijski sustav dimnih plinova grijanja biomase. Aplikacije za hlađenje koje se pokreću relativno stabilno tijekom cijele godine mogu se u skladu s tim koristiti i tijekom cijele godine za korištenje otpadne topline.

Zbog relativno visoke temperature izvora, s tim sustavima moguće su dobre vrijednosti COP-a i visoke korisne temperature.

Industrijska otpadna topline ovisna o procesu (5 do 80 °C)

Otpadna topline iz industrijskih postrojenja može biti vrlo različitog podrijetla i javlja se na različitim temperaturnim razinama. Prvi prioritet u korištenju industrijske otpadne topline je da se koristi što bliže mjestu gdje se proizvodi. Analiza svih procesa u postrojenju metodom štipanja pomaže u identificiranju izvora topline i sudopera i omogućuje stvaranje "mreže izmjenjivača topline". Otpadna topline koja se ne koristi u tvrtki može se prenijeti na sustav centralnog grijanja.

Zbog temperature treba integrirati izravno upotrebljivu topline prema poglavlju 13.7.5.2. Otpadna topline na nižoj temperaturnoj razini može se podići na upotrebljivu temperaturu s toplinskom pumpom i integrirati u sustav:

- U niskotemperaturnoj mreži može se prenijeti otpadna topline iz strojeva (turbinska postrojenja s generatorom, alatni strojevi itd.), industrijska ili komercijalna otpadna topline i geotermalna energija, npr. iz termalnih izvora.
- Korištenje toplinske pumpe mora biti usklađeno s vremenskom pojavom otpadne topline ili uravnoteženo s spremnikom topline.

Otpadna topline iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (5 do 20 °C, varira sezonski)

U postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda preostala topline od 5 °C do 20 °C akumulira se tijekom cijele godine i može se korisno iskoristiti za kondenzaciju dimnih plinova u kotlovskom sustavu biomase. Temperatura protoka od oko 15 °C za uređaj za pročišćavanje otpadnih voda omogućuje hlađenje dimnih plinova na < 20 °C, a time i visoku razinu povrata topline. U zimskim mjesecima smanjeni potencijal topline otpada WWTP-a može se nadoknaditi nižim temperaturama otpadnih voda zbog manje količine otpadnih voda.

Sustavom toplinske pumpe upravlja se kako bi se pokrilo osnovno opterećenje. Ljeti toplinska pumpa opskrbljuje temperaturu protoka za mrežu centraliziranog grijanja. Tijekom razdoblja grijanja služi za podizanje glavne povratne temperature.

Sustav kotlova na biomasu služi za pokrivanje srednjeg opterećenja i, ako postoji dovoljan volumen skladištenja, također za pokrivanje vršnog opterećenja. Vršno opterećenje također se može prekriti kotlovima na bioplin ili bio-ulje.

Podzemne i površinske vode s sezonski različitim temperaturama

To uključuje sljedeće izvore:

- Podzemne vode imaju izvornu temperaturu od 8 do 12 °C.
- Izvorna temperatura površinskih voda: kreće se između 5 i 20 °C. Postoje relativno značajne sezonske razlike.

Ti se izvori topline mogu razumno koristiti u sustavu kondenzacije dimnih plinova kotlovskog sustava biomase. Temperatura protoka od 15 °C omogućuje hlađenje dimnih plinova na < 20 °C i rezultira visokom razinom povrata topline. Smanjeni potencijal podzemnih i površinskih voda u zimskim mjesecima može se nadoknaditi nižim temperaturama vode.

Sustavom toplinske pumpe upravlja se kako bi se pokrilo osnovno opterećenje. Ljeti osigurava temperaturu protoka za mrežu centralnog grijanja. Tijekom razdoblja grijanja služi za podizanje glavne povratne temperature.

Sustav kotlova na biomasu služi za pokrivanje srednjeg opterećenja i, ako postoji dovoljan volumen skladištenja, također za pokrivanje vršnog opterećenja. Vršno opterećenje također se može prekriti kotlovima na bioplin ili bio-ulje.

Vanjski zrak (- 10 °C do + 30 °C)

Za samo ljetni rad toplinske pumpe izvan zraka na temperaturi od 10 °C do 30 °C jer se može koristiti izvor topline.

Toplinske crpke s većim toplinskim snagama zahtijevaju isparivače odgovarajuće velikog kapaciteta, kojima je potreban znatan prostor. Osim toga, mora se uzeti u obzir zvučna izolacija - osobito u ljetnom radu.

13.8 Opskrba procesnom toplinom

Procesna toplina je toplina koja je potrebna za industrijski proces. Za razliku od potražnje za grijanjem prostora, potražnja za procesnom toplinom obično ne ovisi o vanjskoj temperaturi, već izravno o procesu koji se isporučuje.

Zbog visokih temperatura izgaranja, sustavi za loženje biomase također su prikladni za osiguravanje procesne topline na visokim temperaturama. Ovisno o potrebnoj temperaturnoj razini, procesna toplina može se generirati biomasom za sljedeće medije:

- Sustav tople vode < 110°C
- Sustav tople vode > 110°C
- Para
- Termalno ulje
- Vrući zrak ili drugi procesi toplog plina

Kotlovi na biomasu za paru, termalno ulje ili vrući zrak najsvremeniji su i dostupni (vidi i poglavlje 5.4), ali za razliku od kotlova na toplu i toplu vodu, koriste se samo za KOP ili procesne termoelektre. Za razliku od dimnog plina iz plinskih kotlova, izravna uporaba vrućeg dimnog plina iz kotlova na biomasu za procese (npr. sušenje) općenito nije moguća zbog opterećenja prašinom. Za visokotemperaturne primjene posebna se pozornost mora posvetiti sigurnosnom inženjeringu, inerciji zbog velike toplinske mase peći na biomasu i problema s korozijom. Ovaj Priručnik za planiranje ne ulazi u detalje o vrstama gradnje, biljnoj i sigurnosnoj tehnologiji. Trebali bi biti uključeni specijalizirani proizvođači i planeri s iskustvom u tom području.

Profil opterećenja i procesno skladištenje topline

Procesna potražnja za toplinom, koja se javlja kao osnovno opterećenje, može se isporučiti sustavom izgaranja biomase, čak i ako je razina temperature visoka.

Procesna potražnja za toplinom s visokim fluktuacijama kratkoročnog opterećenja i nejednakim dnevnim profilom opterećenja (npr. bez potrošnje topline izvan radnog vremena, primjerice tijekom noći i vikendom) teško se može monovalentno pokriti sustavom izgaranja biomase uz zadržavanje potrebne uporabe. Kako bi se omogućilo potrebno uravnoteženje opterećenja putem spremnika topline bez pribjegavanja kotlovima na fosilna goriva, potrebno je uzeti u obzir sljedeće:

- Unaprijed bi trebalo pažljivo ispitati moguće mjere kako bi se smanjila vršna opterećenja u najvećoj mogućoj mjeri prilagodbom proizvodnje.
- Spremnik topline i upravljanje punjenjem spremnika moraju biti projektirani tako da se najveći vrhovi opterećenja, koji se javljaju, na primjer ujutro početkom tjedna, mogu sigurno pokriti spremnikom i sustavom izgaranja biomase zajedno. Maksimalni kapacitet pražnjenja spremnika i maksimalna toplinska snaga kotla na biomasu ograničavajući su čimbenici. Mora se uzeti u obzir da se oba maksimalna izlaza mogu koristiti istodobno samo ako je rad sustava planiran s predviđanjem, jer kotao na biomasu zahtijeva određeno vrijeme pokretanja, a spremnik može isporučiti maksimalni izlaz pražnjenja samo na ograničeno vrijeme.
- Planiranje proizvodnje možda će se morati uključiti u upravljanje skladištem.
- Uz smanjenu (procesnu) potražnju za toplinom tijekom vikenda, dizajn skladištenja mora osigurati toplinsku proizvodnju kotla na biomasu pri minimalnoj izlaznoj snazi (u skladu sa stanjem malog opterećenja u Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**..27.). Visoko stanje punjenja prostora za pohranu u ponedjeljak ujutro može se koristiti za pokrivanje vrhunca pokretanja.
- U slučaju pare, termalnog ulja ili zraka kao medija za prijenos topline, mogućnosti skladištenja su izuzetno ograničene zbog različitih čimbenika (ostvarivi kapacitet skladištenja, troškovi, sigurnosni aspekti, ...). U pravilu se za te medije za prijenos topline ne mogu provesti manji kapaciteti za pohranu.

Dizajn

Za odabir i projektiranje postrojenja za proizvodnju topline za opskrbu procesnih termoelektrana, Excel alat za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava QM za postrojenja za biomasu DH ponekad nije dovoljan. Često su potrebni profili opterećenja po satu na temelju mjerenja. Utjecaj vremena često je od sekundarne važnosti, tako da se dizajn može temeljiti na nekoliko odabranih, tipičnih tjednih profila. Međutim, temperaturni zahtjevi procesa odlučujući su za odabir biljke.

Moguće varijante sustava:

- Pokrivenost baznim opterećenjem (ako je dostupna) postrojenjem za izgaranje biomase s skladištenjem topline i vršnom pokrivenošću opterećenjem kotlom

na fosilne plinove, koji će ubuduće raditi s bioplinom dobivenim iz plinske mreže i kvalitete prirodnog plina.

- Sustav uplinjavanja biomase koji proizvodi zapaljivi plin koji se koristi kao zamjena za prirodni plin u plinskom kotlu. Treba napomenuti da je kalorijska vrijednost znatno niža od vrijednosti prirodnog plina i da su stoga potrebna podešavanja plinskih cijevi i plamenika. Za sada, gotovo da i nema praktičnog iskustva u tome. Istodobno, upotreba za procesnu opskrbu toplinskom energijom zahtijeva moduliranje rada praktički u rasponu od 0 % do 100 % ili spremnik plina. Za ovu varijantu gotovo da još nisu dostupni komercijalni proizvodi, a mogu se očekivati visoki troškovi ulaganja i operativni troškovi (visoka kvaliteta goriva, povećani troškovi održavanja i servisiranja). Međutim, postrojenja za uplinjavanje biomase omogućuju i dodatnu proizvodnju ugljena ili "biljnog ugljena" (biljni ugljen je ugljen proizveden iz biomase koji se ne koristi za energiju, već u materijalne svrhe).

13.9 Dizajn komponenti sustava

13.9.1 Izbor tehnologije taloženja prašine

Frakcija prašine

Kad je riječ o ekološki relevantnim aspektima, emisije prašine iz izgaranja biomase od velike su važnosti kao i emisije NO_x . Pri procjeni emisija prašine iz sustava grijanja na biomasu potrebno je napraviti osnovnu razliku između dvije frakcije. **Grubi elektrofilterski pepeo** sastoji se od čestica pepela koje se izvijaju iz ležišta goriva tijekom izgaranja i ispuštaju s ispušnim plinom. Veličina čestica kreće se između nekoliko μm i oko 100 μm . Druga frakcija sastoji se od **sitnih čestica**, takozvanih aerosola, promjera jasno $<1 \mu\text{m}$, koje nastaju kondenzacijom anorganskih tvari u biomasu koje isparavaju tijekom izgaranja.

Pravni zahtjevi

U raspravi o finoj prašini često se koristi pojam PM 10. PM 10 označava "čestice $< 10 \mu\text{m}$ " i odgovara ukupnoj masi krutih i tekućih čestica, takozvanih aerosola, koji imaju veličinu čestica manju od 10 μm . Većina europskih zemalja ima ograničenja emisija i imisije za PM 10. Budući da su granične vrijednosti za udisanje finih čestica na mnogim mjestima dostignute ili prekoračene, i sustavi grijanja na biomasu moraju doprinijeti njihovom smanjenju. Osim mase čestica, u budućnosti će biti važan i broj čestica, koji je važniji za zdravlje.

Granične vrijednosti za ukupnu prašinu u postrojenjima za izgaranje biomase specifične su za pojedine zemlje (vidi Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 32** i poglavlje 19). Direktivom o srednjem postrojenju za izgaranje (MCPD) iz 2015. utvrđeni su novi minimalni emisijski standardi unutar EU-a za postrojenja za izgaranje do 50 MW toplinske energije u pogledu prašine, dušikovih oksida, ugljičnog monoksida i sumporova dioksida, koji su provedeni

posebno u zemlji. Njemačka je, primjerice, uvela MCPD daleko strože u 44. BImSchV.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 32** Granične vrijednosti emisije čestica specifične za zemlju ovisno o gorivu ili nazivnoj toplinskoj snazi; radi bolje usporedivosti, granične vrijednosti pojedinih zemalja pretvorene su u 11 i 13 % O_2 .

Toplinski učinak goriva	Ukupna prašina [mg/m^3]	
	na 11 % O_2	na 13 % O_2
CH	70 - 500 kW	50
	0,5 - 1 MW	20
	1 - 10 MW	20
	> 10 MW	10
EN	< 1 MW	25
	1 - 5 MW	23
	> 5 MW	13
AT	< 1 MW	150
	1 - 2 MW	33
	> 2 MW	20

Znatno stroža ograničenja primjenjuju se na druga goriva iz biomase (ugljenja prašina, otpadno drvo).

Tehnologije taloženja prašine

Pogreška! Izvor reference nije pronađen. poglavlju 5.8.1.:

- Gravitacijsko za otprašivanje (komore za taloženje)
- Centrifugalno odvajanje (ciklon, multiciklona)
- Sile električnog polja (elektrostatički talog, mokri elektrostatički talog)
- Filtracija (filtar tkanine, filtar s nabijenim slojem, keramički filter)
- Mokro uklanjanje prašine (Venturi pročišćivač, radijalni pročišćivač protoka, kondenzacija ispušnih plinova).

Postupak odabira postupka razdvajanja

- Ispitati mogućnosti smanjenja sadržaja prašine već u sirovom plinu (primarne mjere, vidjeti poglavlje 5.7): odabir goriva, dizajn izgaranja, podešavanje kontrolnih parametara.
- Određivanje stupnja odvajanja potrebnog za ispunjavanje zahtjeva u pogledu emisija
- Odabir odgovarajućeg procesa odvajanja za leteći pepeo i sitne čestice.

Multicikloni se uvijek primjenjuju ili koriste kao odvajanje prije zavođenja i iskre za postupak prikupljanja prašine nizvodno. U pravilu se mogu poštovati granične vrijednosti emisijske prašine od 150 mg/m^3 (pri 11 vol.% O_2). Vrijednosti prašine $< 100 \text{ mg}/\text{m}^3$ (pri 11 vol.% O_2) obično se ne mogu jamčiti bez daljnjih mjera (primarne mjere ili postupak odvajanja prašine nizvodno).

Vrijednosti prašine < 50 mg/m³ (pri 11 vol.% O₂) zahtijevaju postupak odvajanja prašine nizvodno.

Potreban stupanj odvajanja određuje se od sadržaja prašine u sirovom plinu i granične vrijednosti koju treba poštivati.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**³³ koja se koristi za odabir odgovarajuće metode razdvajanja.

Sljedeće točke važne su ili ključne za uporabu tehnologija za taloženje prašine:

- Sadržaj vodene pare u dimnom plinu (sadržaj vode u gorivu, promjena sadržaja vode)
- Temperatura ispušnih plinova
- Pad temperature ispod točke rosišta
- Promjene opterećenja i isključivanja (faze noćnog isključivanja, gašenje vikenda, ljetni rad)
- Radne faze s visokim sadržajem kisika uzrokovane nepravilnim dovodom zraka ili prevelikim količinama zraka s unutarnjim izgaranjem
- Visok udio ne izgorjelog materijala u pepelu.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**³³¹⁰ prašine.

Kriterij za odabir metoda prikupljanja

Kriterij	Ocjenjivanje		
	Filtar tkanine	Elektro-separator	Mokri električni separator
Suho gorivo	++ ¹⁾	++	--
Mokro gorivo	-- ²⁾	+	++
Operacija osnovnog opterećenja	++	++	++
Diskontinuirana operacija	--	+	+
Sadržaj čiste plinske prašine mg/m ³ pri 11 vol.% O ₂	1 - 5	5 - 50	5 - 20
Učinkovitost odvajanja	> 95 %	90 % – 95 %	90 % – 95 %
Upijajući dodatak (aditiv) za smanjenje HCl, SO _x i PCDD/F ³⁾	++	--	--
Gubitak tlaka (tipične vrijednosti) u mbaru	visokih 10 - 20	duboko 1,5 - 3,0	srednji 5 - 10
Pomoćna potražnja za energijom (tipične vrijednosti) u kWhel / MW _{hth}	visoka 14 - 17	duboka 2 - 5	srednji 5 - 10
Potreba za prostorom	Srednje jako	visok	visok
Temperatura ispušnih plinova radnog raspona	140 - 220 °C	80 - 250 °C	40 - 60 °C ⁴⁾
Zaobilaženje je potrebno	da	neobavezan	neobavezan
Osjetljivost na čestice žara, leteće iskre	visok	dubok	dubok
Troškovi ulaganja	Srednje jako	visok	visok
Operativni troškovi (održavanje i pomoćna energija)	visok	dubok	Srednje jako
Ocjenjivanje	++ Vrlo pogodno, tipično područje primjene + prikladan -- Nije prikladan		

¹⁾ povoljan rad s osnovnim opterećenjem
²⁾ u ograničenoj mjeri prikladan za rad s osnovnim opterećenjem
³⁾ potrebno, npr. za vodeno drvo
⁴⁾ Obično je potrebno odvlaživanje, prikladno u kombinaciji s kondenzacijom dimnih plinova

Filtiri od tkanine dokazuju svoju vrijednost u postrojenjima za izgaranje biomase koja rade kako bi pokrila osnovno opterećenje (jedan početak i jedna faza izgaranja tijekom dugog radnog vremena postrojenja). Upotreba filtra za tkanine u postrojenjima za izgaranje biomase s diskontinuiranim radom pri niskoj iskorištenosti (mnoge faze pokretanja i izgaranja, čest rad u stanju mirovanja, prekidi rada zbog kratkih intervala čišćenja kotla) problematična je zbog hlađenja filtra tkanine

tijekom rada u stanju mirovanja, jer se dimni plinovi mogu ohladiti ispod točke rosišta u početnoj fazi, što dovodi do ovlaživanja tkanine. Vлага i prašina tvore premaz na tkanini koji se ne može ukloniti čišćenjem šoka komprimiranog zraka i dovodi do začepljenja filtra tkanine. Što je gorivo vlažnije, to je veća tendencija filtara tkanine da se začepe.

Elektrostatičkim talogom za postrojenja za izgaranje biomase s diskontinuiranim radom pri niskoj uporabi

potrebno je grijanje u tragovima (električno ili putem sustava grijanja) na području gdje se nakupljaju čestice prašine, kako bi se spriječilo vlaženje čestica u početnoj fazi, a time i nakupljanje naslaga koje se više ne mogu automatski ispuštati. Učinkovitost elektrostatskog taloga trenutno se ne može provjeriti kontinuiranim finim mjerenjem prašine. Optički mjerni uređaji mogu se koristiti za otkrivanje proboja, na primjer u filtrima tkanine (provjera funkcije). Međutim, točno, kontinuirano mjerenje fine koncentracije prašine nije moguće. Učinkovitost elektrostatičkog taloga tijekom određenog radnog vremena može se odrediti na temelju "FAQ 38: Kako se određuje dostupnost elektrostatičkih taloga? Interval za dokazivanje dostupnosti elektrostatičkog taloga određuje tijelo. Dostupnost se mora pokazati barem svaki put kada nadležna tijela zahtijevaju mjerenje emisija, na primjer s često postavljanim pitanjima 38 Obrazac 1 ili 2.

13.9.2 Odabir tehnologije redukcije dušikovog oksida

Pojam dušikov oksid uključuje dušikov monoksid NO i dušikov dioksid NO₂, čiji se zbroj često naziva NO_x. Procesi redukcije NO_x-a temelje se na pretvaranju već formiranog NO-a s intermedijarnim spojevima koji sadrže dušik u molekularni dušik N₂, na primjer nakon reakcije $\text{NO} + \text{NH}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Ovisno o procesu, za to su potrebni odgovarajući uvjeti reakcije (temperatura, vrijeme stanovanja, redukcijско sredstvo).

Procedura

1. Odlučite je li potrebno smanjenje NO_x-a
2. Odrediti stupanj denitrifikacije potreban za ispunjavanje zahtjeva u pogledu emisija
3. Odabir odgovarajućeg postupka smanjenja NO_x-a

Je li smanjenje NO_x potrebno ovisi ne samo o graničnim vrijednostima emisije u pogledu koncentracije NO_x i masenog protoka NO_x, već i o sadržaju dušika u gorivu ili rezultirajućim emisijama NO_x.

Je li NO_x smanjenje ne ovisi samo o graničnim vrijednostima emisija u pogledu NO_x-a koncentracija i NO_x masenog protoka, ali i sadržaja dušika u gorivu ili nastalom NO_x-u Emisija. NO_x emisije predviđenog asortimana goriva trebalo bi odrediti za usporediva postrojenja ili procijeniti na temelju empirijskih vrijednosti (npr. Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 8 ili Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 34). Izračun NO_x-a masovni protok iz NO_x-a koncentracije i protoka volumena dimnih plinova, kao i obrada jednostrukih i više kotlovskih postrojenja opisani su u [136]. S NO_x-om koncentracije i nazivnog toplinskog ulaza, odnosno nazivne snage kotla podijeljene s učinkovitošću kotla,

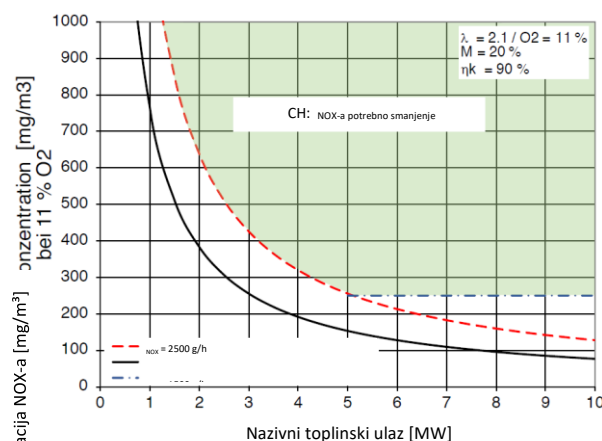
može se procijeniti iz Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. je li NO_x potrebno je smanjenje.

Ako je potrebno smanjenje NO_x-a, trebalo bi odrediti stupanj denitrifikacije potreban za ispunjavanje zahtjeva u pogledu emisija i odabrati odgovarajući postupak smanjenja NO_x-a iz tablice 13.12. Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..35

Više informacija možete pronaći u poglavlju 5.8.2

Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 34 11 Tipične emisije NO_x-a različitih goriva za postrojenja bez postupaka smanjenja NO_x-a.

Gorivo	Emisija NO _x [mg/m ³]	
	na 11 % O ₂	na 13 % O ₂
nizak sadržaj dušika, na primjer razvratna smreka	100 - 150	80 - 120
Srednji sadržaj dušika, na primjer šumsko drvo s korom	150 - 250	120 - 200
Povećan sadržaj dušika, na primjer kora, otpadno drvo, drvo iz upravljanja krajolikom	250 - 400	200 - 320
Visok sadržaj dušika, na primjer UF iverica	400 - 1,000	320 - 800



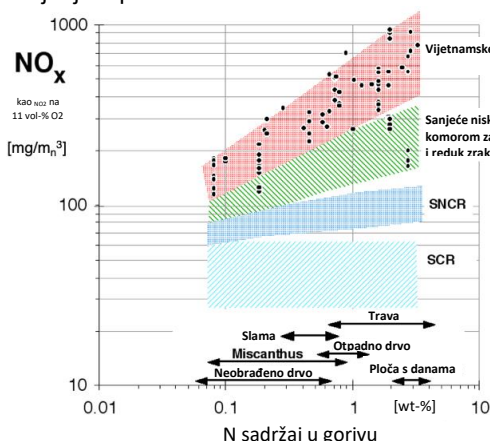
a Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..28 Koncentracija NO_x u ovisnosti o nazivnom toplinskom unosu kao kriterij za mjere smanjenja NO_x-a.

Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..3512

Denitrifikacija učinkovitosti i graničnih uvjeta različitih procesa smanjenja NO_x-a (za opis procesa vidjeti poglavlje 5.8.2

Tehnologija smanjenja	Razina denitrifikacije	Granični uvjeti
NO _x -a	N sadržaj	
Primarne mjere "Low Nox" (bez redukcijskih sredstava)		
Stanje zraka	nisko: 30 - 50 % 50 - 70 % visoko:	unutarnja zona reakcije, primarni omjer zraka 0,7 - 0,8, reakcija od cca 1.100 - 1.200 °C, uvjetno pogodna za goriva bogata pepelom
Stanje goriva	nisko: 40 - 50 % 60 - 75 % visoko:	Dva dovoda goriva, unutarnja zona reakcije, primarni broj zraka 0,8 - 0,9, reakcija počevši od oko 800 °C
Sekundarne mjere "Denox" (sa redukcijskim sredstvom)		
SNCR proces	50 - 75 %	unutarnja zona reakcije, temperaturni prozor oko 850 - 950 °C, molarni omjer važan, mogući neželjeni nusproizvodi
SCR proces	niska prašina 90 - 95 %	Temperaturni prozor 200 - 250 °C, odvajanje prašine prije katalitičkog pretvarača

Aktivnost katalizatora u SCR procesu kontinuirano se smanjuje unosom lužnatih metala putem ispušnih plinova. Učinkovitost katalizatora stalno se smanjuje jer su otrovani alkalijim metalima. Iz tog razloga, SCR proces može se raditi u načinu "niske prašine" s odvajanjem prašine uzvodno.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..145** Usporedba NO_x emisija ovisno o različitom sadržaju dušika u gorivu s različitim mjerama smanjenja [120].

Proizvođači peći mogu jamčiti usklađenost s određenim ograničenjima emisija NO_x samo ako dobiju precizne informacije o sadržaju dušika u navedenom gorivu (analize goriva). Sadržaj dušika pojedinačnih asortimana goriva u poglavlju 4. (Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 8., Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 9 i Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 10) omogućuje procjenu sadržaja dušika u gorivu.

13.9.3 Odabir dodatnih komponenti

Dodatne komponente kao što su spremnik topline ili ekonomizatora određuju se na temelju detaljnih zahtjeva za sustav izgaranja biomase (vidi poglavlje **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.** i poglavlje 7.5).

13.10 Projektiranje centralne toplane

13.10.1 Centralna toplana

13.10.1.1 Dizajn kotlovnice, zahtjevi za prostorom

Ako je moguće, kotlovnice treba postaviti neposredno uz ili ispod silosa tako da komplicirana i troškovno intenzivna transportna oprema nije potrebna. Postrojenja nazivne snage veće od 200 do 400 kW zahtijevaju visinu kotlovnice veću od 3 m (moguće je i dvoetažno s platformom). Osim toga, potrebno je osigurati dovoljno prostora za održavanje sustava i čišćenje u komori za izgaranje i na kotlu.

Pri planiranju kotlovnice moraju se uzeti u obzir i dodatne komponente kao što su gruba prašina i fine oborine prašine, kao i hidraulička integracija kotlova, spremnika topline, bojlera, distribucijskog sustava, ekspanzije, upravljačkog ormarića, čišćenja dimnih plinova, spremnika za pepeo itd.

Potrebu za prostorom treba prikazati na nacrtu rasporeda silosa i kotlovnice u mjerilu 1:50.

13.10.1.2 Hidraulička integracija kotlovskog sustava

Za hidrauličku integraciju kotlovskog sustava treba usvojiti standardne hidrauličke sheme u skladu s QM-om za postrojenja za biomasu DH (vidjeti [62] ili [71]).

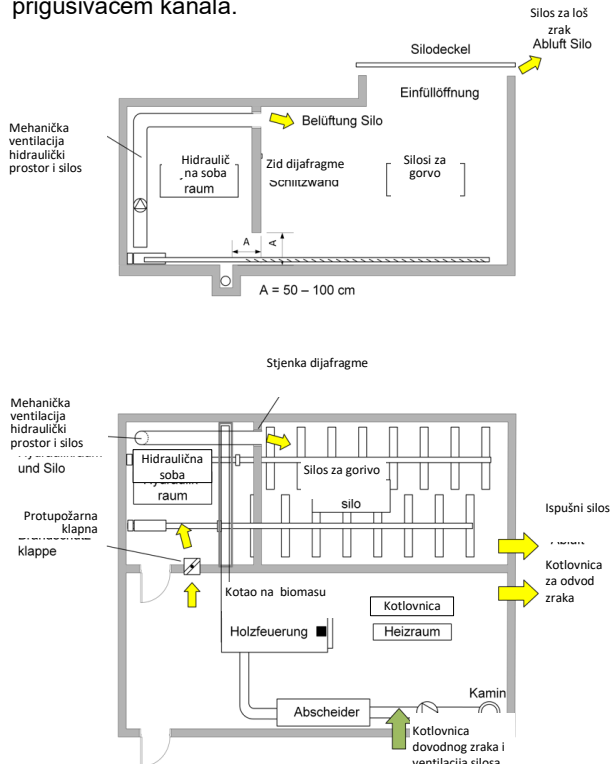
Kako bi se zajamčila sigurnost opskrbe toplinskom energijom, kako je navedeno u smjernicama za pitanja i odgovora kao Q-zahhtjev D.4.8 [15], monovalentni sustavi s jednim kotlom moraju biti opremljeni priključnim cijevima za grijanje u slučaju nužde, na primjer mobilnim sustavom grijanja.

13.10.1.3 Ventilacija kotlovnice

Opskrba kotlovnice zrakom za izgaranje mora biti zajamčena u svim slučajevima. Zrak za izgaranje uvijek se mora uzimati izravno s otvorenog zraka kroz otvor za dovod zraka i ne smije sadržavati prašinu ili štetne ili zapaljive plinove ili pare. U slučaju većih sustava, osim otvora za dovod zraka, mora se osigurati i otvor za ispušni zrak. Ako je moguće, dva otvora trebaju biti raspoređena jedan nasuprot ili dijagonalno jedan drugome tako da se postigne unakrsna ventilacija prostorije za grijanje. To sprječava nakupljanje topline ljeti.

Ima smisla uvući zrak za izgaranje na stropu kotlovnice. Time se ponovno troši otpadna toplota i omogućuje da se gornji dio kotlovnice održava hladnijim.

Postrojenja za izgaranje biomase i uključeni sustavi opskrbe gorivom stvaraju više buke od postrojenja na naftu i plin. Otvori za dovod i ispušni zrak kotlovnice moraju biti u skladu s propisima o zaštiti od buke navedenim u 13.10.5. Stoga su često zvučno izolirani pomoću zvučno-izolacijskih vremenskih rešetki ili, još bolje, dizajnirani prema "principu disalice" s integriranim prigušivačem kanala.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..14630**
Kombinirana kotlovnica i ventilacija silosa.

13.10.1.4 Dimenzioniranje ventilacijskog sustava

Za ventilaciju kotlovnice i dovod zraka za izgaranje primjenjuju se isti zahtjevi kao i za konvencionalne sustave. Kotlovnica i ventilacija silosa često se kombiniraju.

Najvažniji zadaci uređaja za prozračivanje su:

- Osiguravanje dovoda zraka za izgaranje (za izračun količine zraka za izgaranje vidjeti poglavlje 20.8.).
- Rasipanje viška topline koja se nakuplja u kotlovnici. Izlazna otpadna toplota može iznositi oko 2 do 3 % proizvodnje radnog kotla na biomasu zbog gubitka zračenja kotla na biomasu, separatora čestica i hidrauličke integracije s spremnikom. Rasipanje otpadne topline u toplani mora se pojasniti tako da temperatura ispod stropa toplane ne poraste iznad 30 °C (kratkoročno ne iznad 35 °C).
- Održavanje klima uređaja u kotlovnici koje omogućuje osobi da ostane tamo bez narušavanja zdravlja.
- Prevencija negativnog tlaka u kotlovnici (< 10 Pa), što može ometati rad sustava i otežati otvaranje ulaznih vrata.
- Dovoljno velik poprečni otvor mora biti projektiran i predviđen u skladu s primjenjivim propisima i formulama sadržanima u njemu (vidi poglavlje 19). Na primjer, u Švicarskoj se područje poprečnog presjeka otvora za dovod zraka može odrediti sljedećom formulom:

$$A_{\text{supply air}} [\text{cm}^2] = 6 \left[\frac{\text{cm}^2}{\text{kW}} \right] \times \dot{Q}_K [\text{kW}]$$

Pretpostavke:

$$\dot{Q} \text{ Izlaz kotla u kW, } \eta_K = 85 \%, \lambda = 2, \\ M = 40 \%, \text{ dovodni zrak} = 1 \text{ m/s}$$

Poprečni otvor $A_{\text{supply zrak}}$ mora se povećati ako drugi protok zraka uđe u komoru za grijanje uz zrak za izgaranje, na primjer ako,

- ventilacija silosa izvlači svoj dovodni zrak iz kotlovnice (vidi poglavlje 14.2.4).
- potreban protok volumena zraka za rasipanje viška topline u sustavu grijanja također se izvlači kroz isti presjek. Treba napomenuti da se u vrlo toplom vremenu sustav izgaranja ne smije raditi pri nazivnoj izlaznoj površini, pa se u izračun može uključiti manji protok zraka s unutarnjim izgaranjem.

U načelu se pri dimenzioniranju ventilacijske opreme moraju poštovati svi relevantni nacionalni i regionalni propisi, standardi i smjernice.

13.10.2 Spremnik za grijanje i toplane kao montažni element

Spremnici za grijanje i toplane kao montažni elementi razumna su privremena i privremena rješenja za početnu fazu mreže grijanja. Međutim, oni su također prikladni kao konačno rješenje sa sljedećim značajkama:

- Konstrukcija: kontejneri ili montažni elementi, postavljeni na temeljne temelje
- Skladištenje goriva: integrirano u spremnik ili montažni element s malom izlaznom kotlovnicom, spremnikom za grijanje / montažnim elementom s velikom izlaznom kotlovskom snagom koja se isporučuje putem dvaju spremnika za izmjenu potikača volumena silosa od 36 m³ svaki ili daljnji montažni elementi koji su međusobno povezani.
- Industrijski kotlovi s maksimalnom proizvodnjom kotla: do cca 500 kW s visinom spremnika od 3 metra, do cca 1.000 kW s visinom spremnika od 4 metra.
- Maksimalne jedinice serije izlaza kotla: 250 kW do 450 kW. Može se kombinirati nekoliko spremnika, obično se po spremniku ugrađuju jedan do dva kotla (peleti, kvalitetna drvena sječka).
- Za potrebe za gorivom vidjeti poglavlje 13.4



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**147 Spremnik za grijanje (izvor: Energetska rješenja Jenni Energietechnik i Schmid).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**14832 Centralna toplana kao montažni element s integriranim ili dodatnim spremnicima goriva (izvor: Holzenergie Schweiz).

13.10.3 Pomoćna potražnja za energijom

Godišnja pomoćna potražnja za energijom u sustavu grijanja iznosi približno 1,0 do 1,5 % proizvedene topline, pod uvjetom da se vodi računa o učinkovitoj uporabi pomoćne energije. Za električne pogone to uključuje:

- Ispravno dimenzionirani motori

- Optimalna učinkovitost (posebno ventilatora ispušnih plinova)
- Motori s kontrolom brzine

Za sustave s električnim separatorima, ekonomizatorima, sustavima kondenzacije dimnih plinova i drugim sustavima, pomoćna potražnja za energijom također može biti veća.

13.10.4 Dimnjak, kamin

13.10.4.1 Dimenzioniranje visine dimnjaka

Dimenzioniranje visine dimnjaka mora se provesti u skladu s propisima za pojedine zemlje i ispunjavati lokalne propise o zaštiti od požara i buke (vidi poglavlje 19).

Sljedeći utjecajni čimbenici određuju visinu dimnjaka:

- Dimenzije zgrade (visina, širina)
- Nazivni toplinski ulaz
- Razina imisije kao funkcija područja s najvišim preprekama u području utjecaja

13.10.4.2 Dimenzioniranje poprečnog presjeka dimnjaka

Dimenzioniranje poprečnog presjeka dimnjaka mora se provesti u skladu s propisima za pojedine zemlje (vidi poglavlje 19). Zadatak je planera osigurati ispravno dimenzioniranje od strane dobavljača dimnjaka i provjeriti usklađenost ponuđenog dimnjaka s važećim propisima konzultirajući dobavljača dimnjaka. Sljedeće specifikacije za dobavljača dimnjaka relevantne su za dimenzioniranje:

- Temperatura dimnih plinova i tlak na ulazu dimnjaka
- Visina dimnjaka i potrebna temperatura dimnih plinova na izlazu
- Vlažnost dimnih plinova.

13.10.4.3 Izgradnja dimnjaka

Kada gori vlažna drvena sječka, točka rosišta dimnog plina je oko 60 °C. U principu, dobro izolirani dimnjaci od nehrđajućeg čelika najprikladniji su za ove granične uvjete. Kod vrlo suhih drvenih peleta točka rosišta nešto je niža na 40 °C do 45 °C uz višak zraka od 1,5 do 2,0.

Poseban oprez potreban je u slučaju obnove pri korištenju postojećih dimnjaka. Često je jedino rješenje ugradnja novog dimnjaka od nehrđajućeg dimnjaka s labavom izolacijom. Mora se paziti da se izolacija rasutog tereta profesionalno zatrpa, zbog čega se preporučuje dobavljač dimnjaka s iskustvom u sustavima biomase.

U novim postrojenjima kotao na biomasu trebao bi moći raditi s najnižim mogućim temperaturama dimnih plinova (< 150 °C), što zahtijeva dobro izoliran dimnjak. Mogući tipovi dimnjaka su:

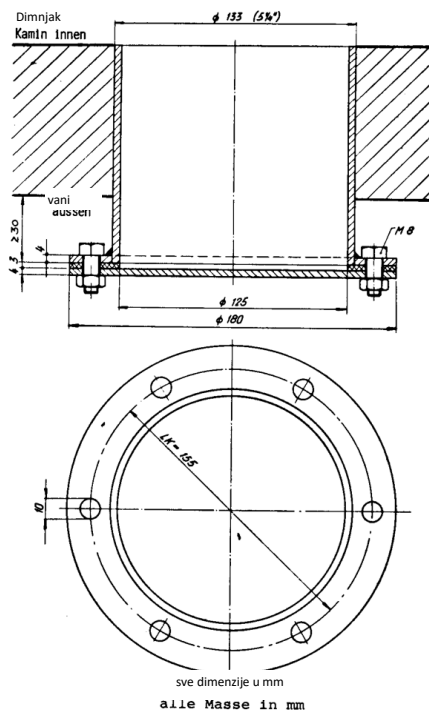
- Keramički dimnjaci
- Glatke stijenke, krute kromirane čelične cijevi debljine 1,0 do 1,5 mm

- Dimnjaci sastavljeni od pojedinačnih komada

Izgradnja dimnjaka mora zadovoljiti zahtjeve specifične za pojedine zemlje u pogledu otpornosti na požar čađe i statike.

13.10.4.4 Mlaznice za mjerenje emisija

Za mjerenje emisija u postrojenjima koja podliježu prihvaćanju i mjerenju, standardni priključni komad mora biti ugrađen u vertikalni dio dimnjaka (npr. CH: "EMPA-Normstutzen", vidjeti Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..149.**). Zona smirivanja u skladu s propisima za pojedine zemlje mora biti dopuštena prije i nakon priključnog dijela. Točan položaj mora se razjasniti s nadležnim dimnjačarom i tijelom koje prihvaća prije ugradnje.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..14933**
Instalacijske dimenzije EMPA-Normstutzen (standardne špine) [69]

13.10.5 Zaštita od buke

Pri planiranju automatskog sustava grijanja na biomasu uvijek se moraju razjasniti učinci širenja zvuka (zvuk koji se prenosi zrakom i strukturom) tijekom rada sustava. Zvuk u zraku ne ostaje tamo gdje se generira, već se prenosi zrakom i također može prodrijeti u dijelove zgrade. Zvuk koji se prenosi strukturom pokreće se vibracijama ili oscilacijama, prenosi se kroz čvrsta tijela i ponovno emitira kao zvuk u zraku. Energije koje se unose u komponentu zgrade znatno su veće nego kod zvuka u zraku. Razmnožavanje zvuka koji se prenosi strukturom može se značajno smanjiti elementima prigušivanja vibracija.

Kad je riječ o zaštiti od buke, moraju se poštovati primjenjivi standardi, propisi i smjernice. U Švicarskoj su,

na primjer, razine osjetljivosti definirane Pravilnikom o smanjenju buke (LSV) kao dio planiranja korištenja zemljišta, analogno zoniranju (definicija vrsta uporabe i visine zgrada). Ovisno o vrsti uporabe, dodjela razine osjetljivosti od strane općine određuje koliko buke objekt može generirati ili koliko buke stanovnici moraju izdržati.

Pravilnik o smanjenju buke navodi granične vrijednosti maksimalnih razina zvučnog tlaka za pojedina područja. Razina ocjene buke zbroj je izmjerene razine i korekcije razine. Korekcija razine određuje se kao funkcija zvučnog sadržaja i impulsnog sadržaja. Na primjer, vrijednost korekcije razine može dovesti do znatnog dodatnog povećanja razine ocjene buke za transportere (lančane transportere strugača, vijčane transportere) koji rade u ciklusima i emitiraju jaku buku pri pokretanju.

$$\text{Noise rating level} = \text{Measured level} + \text{Level correction}$$

Dopuštena razina ocjene buke ovisi o tihoj razini tijekom dana i noću. Dakle, emisije buke iz sustava grijanja drva mnogo su manje problematične ako postoji visoka razina tišine zbog drugih izvora emisije buke kao što su promet, trgovina i industrija.

Priručnik o zvučnoj izolaciji u građevinskim službama [137] detaljno navodi daljnje mjere zvučne izolacije u području instalacija za grijanje.

Kad je riječ o odgovornosti za usklađivanje s propisima o buci za pojedine zemlje (vidi poglavlje 19), mogu se navesti sljedeće naznake:

- Prilikom sastavljanja tima za planiranje mora se provjeriti tko će biti odgovoran za planiranje zvučne izolacije. Planiranje zvučnog inženjeringa je interdisciplinarni zadatak i mora ga obaviti stručnjak za zvučnu izolaciju.
- Organizacija zadužena za ukupnu odgovornost projekta (arhitekt, generalni projektant, opći izvođač, konzorcij za planiranje) trebala bi pažljivo odabrati stručnjaka za zvučnu izolaciju (npr. akustični inženjer).
- Inženjer građevinskih usluga ili planer sustava grijanja na biomasu dužan je skrenuti pozornost stručnjaka za zvučnu izolaciju na izvore buke sustava grijanja na biomasu. Nadalje, moraju biti dostupni tehnički podaci koje stručnjak za zvučnu izolaciju zahtijeva.

Sljedeće komponente sustava grijanja na biomasu ključni su izvori emisija buke i u prošlosti su dovele do pritužbi (vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..150.**).

Ventilator ispušnog plina

Ventilator dimnog plina najveći je izvor buke u postrojenjima na biomasu. Problemi nastaju uglavnom u toplanama gdje je potreban visoki tlak isporuke, zbog visokih razina zvučnog tlaka na vrhu dimnjaka i u prostorijama uz dimnjak. Sljedeće mjere mogu smanjiti emisije buke:

- Prigušivač ispušnih plinova

- Odvajanje dimnih plinovitih kanala i dimnjaka u pogledu prijenosa vibracija
- Ventilator s visokom učinkovitošću prenošenja, koji nema neravnotežu i može se upravljati najnižom mogućom brzinom
- Ugradnja ispušnog ventilatora na elemente za prigušivanje vibracija
- Raspored dimnjaka tako da vrh dimnjaka nije izravno pored prozora spavaće sobe, na primjer
- Sprječavanje prijenosa zvuka koji se prenosi strukturom iz dimnjaka u građevinsku konstrukciju
- Planiranje dimnjaka daleko od prostorija s visokim zahtjevima za smanjenje buke

Sustav ispuštanja silosa

Sljedeće mjere mogu smanjiti emisije buke iz potisnih podova, vijaka za pražnjenje i hidrauličkih jedinica:

- Odvojite strukturu silosa od strukture susjednih stambenih ili radnih prostora kako biste spriječili prijenos zvuka koji se prenosi strukturom.
- Postavite hidrauličku jedinicu na prigušivač vibracija i pokrijte je zvučnim izolacijskim poklopcem motora.

Transportni sustav: Lančani strugač transporter, vijčani transporteri

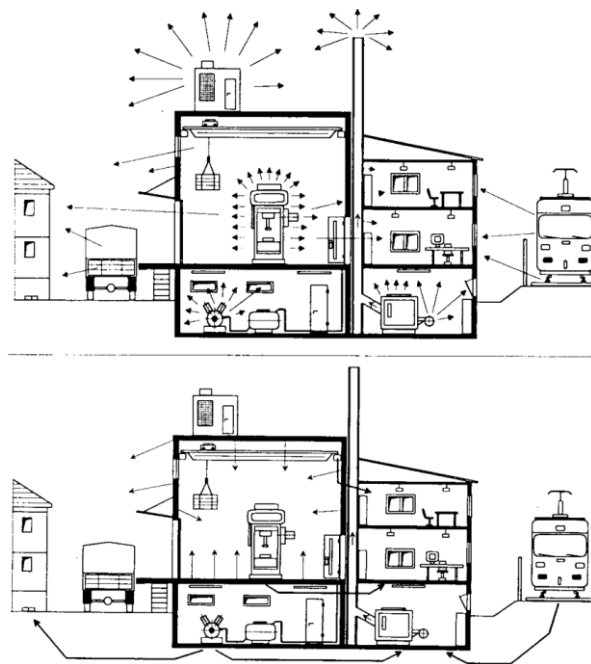
Sljedeće mjere mogu smanjiti emisije buke transportnog sustava:

- Odvojite strukturu grijaće prostorije od strukture susjednih stambenih ili radnih prostora kako biste spriječili prijenos zvuka koji se prenosi strukturom.
- Odvojite transportni sustav tijekom instalacije kako biste spriječili prijenos zvuka koji se prenosi strukturom pomoću prigušivača vibracija ili zvučnih izolacijskih prostirki koje se prenose strukturom.

Kotlovnica

Prijenos zvuka u zraku iz kotlovnice može se smanjiti sljedećim mjerama:

- Zatvorena zgrada s dovoljno visokom zvučnom izolacijom
- Otvori izvana opremljeni prigušivačima, npr. kanal za dovod zraka za izgaranje opremljen utišavajućim pregradama.
- Ploče za apsorpciju zvuka na stropu kotlovnice
- Ventilatori zraka za izgaranje s usisnim prigušivačima



Slika **Pogreška!** U dokumentu nema teksta navedenog stila..150 Zvuk koji se prenosi zrakom i strukturom [69].

14 Projektiranje skladištenja goriva, transporta goriva i uklanjanje pepela

14.1 Opće napomene

Pri planiranju skladištenja goriva moraju se poštivati sljedeći zahtjevi:

- Lako dostupan cestom
- Mogućnost okretanja dostavnog vozila ispred mjesta istovara bez dugotrajnih manevara (pridrđavajte se potrebnog radijusa okretanja).
- Jednostavna logistika goriva u skladišnom prostoru: "prvi unutra, prvi van".
- Korištenje topografije terena za jednostavno odlaganje goriva (npr. mjesto istovara na padini na najvišoj točki).

U fazi planiranja projekta skladišta goriva trebalo bi pojasniti moguće varijante aranžmana s budućim opskrbljivačem gorivom kako bi se omogućila isporuka goriva uz male vremenske izdatke.

U Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..36 . vrste skladištenja goriva razvrstane su prema asortimanu goriva i strategiji opskrbe.

Zahtjevi za konstrukcijski dizajn i rad u skladu s primjenjivim preporukama i propisima za pojedine zemlje moraju se poštovati (vidi poglavlje 19), posebno:

- Sprječavanje požara i eksplozije
- Sigurnosni propisi, kako bi se spriječile nesreće osobama i kako bi osobe s odgovarajućom zaštitnom opremom mogle upravljati silosom bez opasnosti.
- Postupak u slučaju kvarova i njihova uklanjanja
- Sustav za pražnjenje u slučaju nužde.

14.2 Odabir i dimenzioniranje skladištenja goriva

14.2.1 Vrste skladištenja goriva

Odgovarajući izbor i dimenzioniranje skladištenja goriva ovisi o asortimanu goriva, godišnjoj potražnji za gorivom i strategiji opskrbe, koja se može temeljiti na izravnom, neizravnom ili mješovitom lancu opskrbe. Ako je potrebno, moraju se uzeti u obzir i posebni lokalni uvjeti (na primjer, ograničena dostupnost goriva tijekom božićnih blagdana, dostupnost šume zimi, ograničeno vrijeme isporuke itd.).

U slučaju drva iz povišenih područja u kojima tijekom cijele godine sječa nije moguća, drvo se privremeno skladišti na nižim nadmorskim visinama ili izravno u toplani na drva kao **okruglo drvo u hrpama** i usitnjavanje tamo po potrebi ili privremeno skladišti kao drvna sječka u skladištima. To omogućuje izgradnju malih, a time i isplativih silosa u toplani kupaca goriva ili u toplani na drva.

Vrste skladištenja goriva:

- **Silos (bunker):** Sustav automatskog pražnjenja goriva prenosi pohranjeno gorivo u silosu u transportni sustav kotlovnice na biomasu.
- **Skladište:** Posredno skladištenje goriva zaštićeno vremenskim uvjetima odvija se u skladištu. Skladište u toplani biomase obično ima dnevni silos.
- **Vanjsko skladištenje:** Privremeno vanjsko skladištenje drvne sječke na zalihama i okruglog drva u hrpama

14.2.2 Dimenzioniranje

Postoji veliki potencijal za uštedu u ispravnom dimenzioniranju skladištenja goriva.

Da bi se uštedjeli troškovi, silos za gorivo s sustavom pražnjenja uvijek bi trebao biti dizajniran što je moguće manji. Međutim, veličina se ne može procijeniti odvojeno od logistike goriva, već je dio koncepta opskrbe.

Troškovi se obično mogu zadržati u razumnim granicama ako silos za gorivo drži pet do sedam dnevnih potreba postrojenja za loženje pri nazivnoj snazi plus dodatni volumen silosa u slučaju **izravnog lanca opskrbe**.

Dodatna količina silosa

Silos za gorivo obično nije potpuno prazan kada se isporučuje (potrebna vremenska marža između narudžbe i isporuke). Stoga bi uz navedene dnevne zahtjeve trebalo uzeti u obzir i dodatni volumen silosa. Dodatni volumen silosa trebao bi biti iste veličine kao i obujam prijevoza najvećeg dostavnog vozila kako bi se osiguralo da se silos može ispuniti navedenim dnevnim zahtjevima s potpuno opterećenim dostavnim vozilom.

Za monovalentne sustave loženja to odgovara razdoblju opskrbe od šest do osam dana, jer potražnja za toplinskim kapacitetom obično ne odgovara nominalnoj izlaznoj proizvodnji kotla tijekom 24 sata. U prosječnoj zimi to dovodi do oko 20 punjenja silosa gorivom. U slučaju **neizravnog lanca opskrbe** s transportnom logistikom koja je u kratkom roku dostupna iz intermedijarnog skladišta (npr. skladišta), veličina silosa za gorivo može se smanjiti na 2 do 4 dnevna zahtjeva. Često toplane imaju velike skladišne kapacitete (skladište, skladište na otvorenom s pilotima itd.) tako da se intermedijarno skladištenje može odvijati izravno u toplani. U tom slučaju silos za gorivo također može biti znatno manji (npr. jednodnevna potražnja).

Broj kretanja vozila za punjenje skladišta goriva ovisi o godišnjoj potražnji za gorivom i transportnom kapacitetu vozila.

- **Izravno iz šume:** Kamion može prevesti 40 do 50 (60) LCM drvne sječke izravno iz šume, kombinacija kamiona i prikolice 70 do 80 LCM. U načelu, isporučena drvna sječka kamiona trebala bi se moći odmah istovariti, a u slučaju kombinacije kamiona i prikolice dodatnih 40 LCM nakon 10 minuta prijenosa.

- Iz **srednjeg skladištenja**: Kamion s odgurivanjem ili kliznom poluprikolicom može isporučiti 80 do 90 LCM.

Osim volumena skladišta, pozornost se mora posvetiti i troškovno učinkovitim rješenjima u projektiranju

skladišta, potrebne pomoćne opreme za punjenje i distribuciju goriva i ventilacijske opreme. Osim toga, moraju se poštivati odgovarajući sigurnosni uređaji i propisi.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..361** Izbor vrste skladištenja goriva ovisno o asortimanu goriva i strategiji opskrbe

Vrsta goriva	Vrsta skladištenja goriva	Lanac opskrbe	Dimenzioniranje dnevne potražnje kotlovskog sustava biomase za nazivni izlazni rad	Dnevna potražnja kotlovskog sustava na biomasu pri nominalnom radu
Peleti	Zatvoreni silos za pelete, spremište apsolutno Nadzemni okrugli silos	posredan	Otprilike 20 dnevnih zahtjeva, vidi sliku 35. prema [67]	
Kvalitetna drvena sječka	Podzemni silos, nadzemni silos	posredan	5 - 7 dnevnih zahtjeva plus dodatni volumen silosa ¹⁾	
Drvena sječka do P45S-M55+	Podni silos	direktan	5 - 7 dnevnih zahtjeva plus dodatni volumen silosa ¹⁾	< 50 LCM/d
Drvena sječka do P45S-M55+	Nadzemni okrugli silos	direktan	5 - 7 dnevnih zahtjeva plus dodatni volumen silosa ¹⁾	> 50 LCM/d
Drvena sječka do P45S-M55+	Skladište s dnevnim silosom	miješan	Minimalno 7 dnevnih zahtjeva	> 50 LCM/d
LH, DH, RZ, Ruz ²⁾ i otpadno drvo do P63-M55+	Skladište s dnevnim silosom Nadzemni okrugli silos	miješan	Minimalno 7 dnevnih zahtjeva	
RHH ²⁾	Okrugli ili kvadratni silosi	direktan	Uskladiti potražnju i potrebu	

¹⁾Silos za gorivo obično nije potpuno prazan prilikom isporuke (potrebna vremenska marža između narudžbe i isporuke). U skladu s tim, uz navedene dnevne zahtjeve treba uzeti u obzir i dodatni volumen silosa. Dodatni volumen silosa trebao bi biti iste veličine kao i obujam prijevoza najvećeg dostavnog vozila kako bi se osiguralo da se silos može ispuniti navedenim dnevnim zahtjevima s potpuno opterećenim dostavnim vozilom.

LCM = Nasipni kubični metri drvene sječke

²⁾Vrste goriva pogledajte Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 9**

14.2.3 Dizajn silosa za gorivo

Podni silosi

Podni silosi (vidi Sliku **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..151**) mogu se napuniti izravno iz transportnog vozila putem jednog ili više otvora za punjenje bez pomoćnog uređaja. Idealna i najisplativija dimenzija je visoki silos s četvrtastom bazom i poklopcem silosa preko kojeg se, ako je moguće, ne može prijeći. Da bi se postigla razina punjenja > 70 % s otvorom za punjenje silosa, omjer visine i širine mora biti najmanje 1. Oblik silosa idealno je proširiti daljnjim silosima poredanim jedan do drugoga. Kako bi se postigla razina punjenja > 70 % s drugim dimenzijama silosa, gorivo se može uvesti ili putem nekoliko otvora za silose ili pomoću vijaka za punjenje ili razdjelnika silosa.

Otvor silosa treba imati minimalnu jasnu dimenziju od 3,5 m duljine i 2 m širine. Time se smanjuje količina posla potrebnog za istovar:

- Kraće vrijeme istovara zbog manjeg manevriranja kamiona i boljeg protoka drvene sječke
- Nema naknadnog čišćenja područja istovara
- Manje štete na poklopcu silosa.

Prednosti podnih silosa su njihova visoka razina punjenja (> 70 %). Osim toga, nisu potrebni skupi uređaji za postavljanje i distribuciju. Nedostaci podnih silosa

uključuju činjenicu da ponekad nisu izvedivi u slučaju problema s podzemnim vodama i obično imaju veće troškove izgradnje (iskopavanje i betonski radovi).



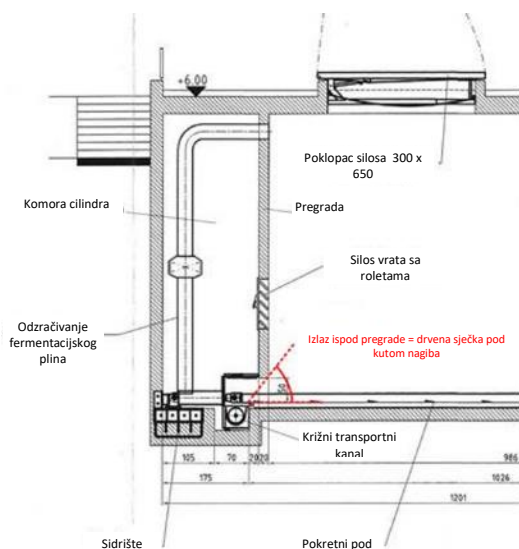
Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1511** Punjenje podnog silosa (izvor Holzenergie Schweiz).

Veličina i geometrija silosa određene su zahtjevom za niskim troškovima i širinom jedinice potisne šipke od najviše 2 m. Za šire silose potrebno je osigurati nekoliko potisnih šipki, što zauzvrat utječe na troškove. Ostali čimbenici koji utječu na geometriju i veličinu su potreba za najvišim mogućim stupnjem punjenja (> 70 %) i kut odlaganja drvene sječke. To je obično 45°. Dakle, u

slučaju podnih silosa s otvorima za punjenje u razini tla, treba ciljati visoki silos, pri čemu visina ne smije prelaziti 1,5 puta veću širinu kako bi se spriječilo premošćivanje, osobito vlažnom drvnom sjeckom.

Kako bi se odredila visina **izlaznog otvora od silosa do poprečnog transportnog kanala** (Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..152), mora se uzeti u obzir ponašanje protoka i kut odlaganja goriva (vidi Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..152).

Za drvenu sječku s dobrim ponašanjem protoka (kut mirovanja oko 45°), visina izlaznog otvora može se fiksirati. Odabrati ga tako da najviše odgovara udaljenosti između silosnog kuta izlaznog otvora i početka kanala poprečnog transportera, ali najmanje 50 cm. To osigurava da drvena sječka nekontrolirano teče u kanal poprečnog transportera i prepuni sustav križnog transportera.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1522** Otvor za prolaz od silosa do kanala poprečnog transportera (izvor: Holzenergie Schweiz).

U slučaju goriva čije ponašanje protoka i kut odlaganja nisu poznati (isjeckano otpadno drvo, isjeckano drvo od održavanja krajolika, kora), visina otvora prolaza mora biti varijabilno projektirana; na primjer, s drvenim daskama koje se mogu ukloniti ili umetnuti prema potrebi. U praktičnom radu tada se određuje potrebna visina. Mora se osigurati da gorivo ne teče nekontrolirano u poprečni transportni kanal i da ne dolazi do kompresije. Kompresija goriva na pregradi ili na drvenim daskama iznad otvora prolaza može dovesti do toga da se gorivo ne može isprazniti.

Nekomplicirano ispuštanje goriva s nepovoljnim ponašanjem protoka iz silosa može se postići i ugradnjom mjernog valjka iznad otvora izlaza (vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..56**).

Osim kontejnera kapaciteta 30-40m, pojedinačni dobavljači drvene sječke imaju i pumpne kontejnere

kapaciteta do 30m. S ovim pumpnim spremnicima moguće je puniti kvalitetnu drvenu sječku unatoč nepovoljnom rasporedu silosa. Tako se može izbjeći rješenje s poklopcima silosa i skupo istovarivanje pomoću vijaka za punjenje. Međutim, pri crpljenju drvene sječke mora se osigurati da proizvedeni transportni zrak može isticati iz silosa. Ako je moguće, odgovarajući otvor treba osigurati na otvoru za punjenje. Crpljenje rezultira dodatnim troškovima. Vrijeme punjenja traje oko 30 minuta za 30 LCM.

Ako se silos mora napuniti vozilima za istovar unatoč teškim uvjetima postavljanja, neophodan je istovar izvan zgrade pomoću pužnog transportnog sustava. (vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..46**).

Spremnik za mobilne čipove s pražnjenjem kao zamjena silosa

U slučaju naknadne ugradnje sustava grijanja drva, izgradnja podzemnog silosa je u većini slučajeva vrlo isplativa ili nije uvijek moguća zbog strukturnih uvjeta. Ovdje je zamisliva opskrba mobilnim spremnicima od 30 m³ s ugrađenim ispuštenim potiskim podom. Jedan ili više spremnika usidreni su na (zajednički) transportni sustav na prikladnom prednjem dijelu ili unutar zgrade. Priključak se formira trajno ugrađenim križnim transporterom koji premješta ispuštenu drvenu sječku u sustav punjenja peći. Pogonska jedinica za pokretni pod spremnika nalazi se u kotlovnici.

Okrugli silosi

U slučaju postrojenja s izlazom kotla na biomasu > 5 MW, gorivo se može skladištiti u skladištu s dnevnim silosom ili u nadzemnim okruglim silosima s ispuštanjem vijka. Kako bi se izbjeglo premošćivanje, maksimalna visina punjenja okruglog silosa mora biti ograničena ovisno o protočnosti goriva.

Sljedeće maksimalne visine punjenja H_{max} primijeni kao vrijednosti tv vodiča:

- Vlažna drvena sječka, niskog finog sadržaja, čestice maksimalne duljine 200 mm: $H_{max} = 1,5 \times D$ (promjer okrugli silos)
- Suho, isjeckano otpadno drvo, nizak sadržaj finoće, čestice maksimalne duljine 200 mm: $H_{max} = 1,0 \times D$ (okrugli silos promjera)

Ako vlažno gorivo ostane u okruglom silosu duže vrijeme, isušuje se i ima tendenciju stvaranja jakih mostova. Time se smanjuje protočnost i automatsko pražnjenje goriva više nije moguće.

14.2.4 Ventilacija silosa

Silos za suho gorivo (strugotine) nisu ventilirani. To sprječava da gorivo apsorbira vlagu iz zraka. U zatvorenim silosima s vlažnim gorivom, povećana vlažnost mora se ukloniti mehaničkom ventilacijom. Osim toga, fermentacijski plinovi, uključujući CO_2 , proizvode se tijekom skladištenja vlažne drvene sječke zbog procesa razgradnje. Budući da je CO_2 teži od zraka, širi se po podu hidraulične prostorije i kotlovnice i skuplja

se na najnižim točkama. Kako bi se osiguralo da nikada ne postoji rizik od gušenja osoblja za održavanje, zahvaćena područja moraju biti zaštićena odgovarajućom ventilacijskom opremom. Moraju se poštovati odgovarajući sigurnosni uređaji i propisi za pojedine zemlje u poglavlju 19.

Oslobađanje vlage drvene sječke uzrokuje visoku relativnu vlažnost u skladištenju goriva. To se kondenzira na hladnim zidovima, stropu, a posebno na neizoliranim poklopcima silosa i uzrokuje ponovno ovlaživanje goriva. Vanjska voda na površini goriva može uzrokovati ozbiljan rast plijesni. Da bi se to spriječilo, ventilacijski sustav mora ukloniti nakupljanje vlage (kontroliran timerom), koji provjetrava silos poprečno. Zidovi, strop i poklopac spremišta za gorivo stoga se mogu održavati suhim.

Ventilacija silosa s vanjskim zrakom

Vanjski zrak struji kroz svjetlosnu osovinu u hidrauličku prostoriju. Tamo se zrak mehanički prenosi u silos za strugotine u blizini poda pomoću ventilacijskog sustava i vodi van kao odvodni zrak preko poklopca silosa ili svjetlosnog okna. U slučaju povremene ventilacije, ventilacijski sustav mora biti projektiran za izmjenu zraka hidrauličke prostorije 3 do 5 puta na sat, pri čemu ventilacija mora biti u funkciji najmanje 10 minuta na sat.

Povremena ventilacija može se izostaviti ako je ventilacija namijenjena za 20-struku promjenu zraka na sat i ako se promatra 15-minutno razdoblje čekanja između uključivanja ventilacije i ulaska u prostoriju (npr. s vratima isprepletenim tajmerom).

Ako postoje izravni otvori između hidrauličke prostorije i silosa, na primjer zato što poprečni transportni kanal u hidrauličnoj prostoriji nije zatvoren, između silosa i hidrauličke prostorije može doći do kratkog protoka zraka. Kako bi se osiguralo da se fermentacijski plinovi i vlažnost zraka ipak odnesu, u silos iznad goriva mora se ugraditi dodatna jedinica za ekstrakciju. Da bi vanjski zrak tekao, njegov volumen isporuke mora biti nešto veći od volumena ekstrakcije u hidrauličkoj prostoriji.

Posebno treba napomenuti da se na visinama punjenja većim od pet metara fermentacijski plinovi koji se formiraju iznad rasutog materijala moraju ispuštati na kontrolirani način.

Ako je vanjski zrak hladan, a gorivo vlažno, led se može formirati zbog kondenzacije vlage u hidrauličnoj prostoriji i mreži ventilacijskih kanala.

Kombinirana kotlovnica i ventilacija silosa

Ima smisla kombinirati ventilacijske sustave kotlovnice i silosa jer topli zrak iz kotlovnice smanjuje probleme smrzavanja u hidrauličnoj prostoriji i podržava proces sušenja drvene sječke. U slučaju povremene ventilacije, ventilacijski sustav mora biti dizajniran za 3 do 5 puta satnu izmjenu zraka hidrauličke prostorije, pri čemu ventilacija mora biti u funkciji najmanje 10 minuta na sat.

Povremena ventilacija može se izostaviti ako je ventilacija namijenjena za 20-struku promjenu zraka na

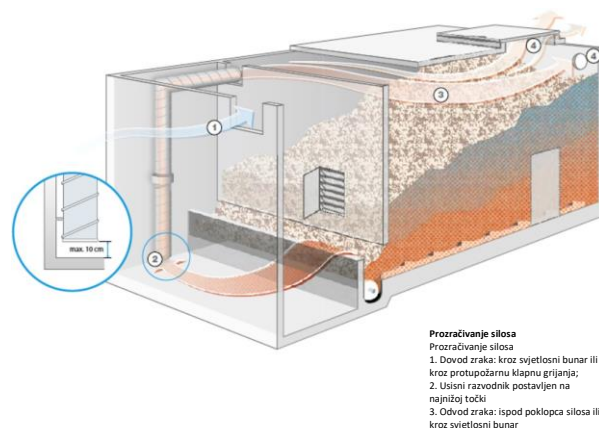
sat i ako se promatra 15-minutno razdoblje čekanja između uključivanja ventilacije i ulaska u prostoriju (npr. s vratima isprepletenim tajmerom).

Vanjski zrak struji u kotlovnicu kroz otvor za zaštitu od vremenskih utjecaja. Dio zraka se dovodi u peć pomoću puhala zraka za izgaranje, a ostatak struji kroz protupožarnu klapnu u hidrauličku prostoriju. Tamo se zrak mehanički prenosi u silos za strugotine pomoću ventilacijskog sustava i odvodi van kao vlažan ispušni zrak.

Ako postoje izravni otvori između hidrauličke prostorije i silosa, npr. zato što kanal za prijenos u hidrauličkoj prostoriji nije zatvoren, između silosa i hidrauličke prostorije može doći do kratkog protoka zraka. Kako bi se osiguralo da se fermentacijski plinovi i vlažnost ipak odnesu, dodatni ventilator cijevi ispred prigušivača vatre mora se koristiti za prijenos nešto toplijeg zraka u kotlovnicu u prostoriju cilindra od ventilatora u ekstraktima prostorije cilindra.

Ako je kotlovnica znatno niža od hidrauličke prostorije i silosa, na pr. jer poprečni transportni kanal u hidrauličkoj prostoriji nije zatvoren, može doći do kratkog spoja strujanja zraka između silosa i hidrauličke prostorije. Kako bi se osiguralo da se fermentacijski plinovi i vlaga ipak odvede, potrebno je koristiti dodatni cijevni ventilator ispred protiv požarne zaklopke za dovođenje nešto više toplog zraka iz kotlovnice u kotlovnicu od ventilatora u izvodima iz komore.

Ako je razina poda silosa niža od razine kotlovnice, hladan vanjski zrak iz kotlovnice može teći u hidrauličku prostoriju i ometati željeni proces sušenja. To se može spriječiti korištenjem dodatne ventilacijske cijevi s ventilatorom cijevi za vođenje toplog zraka iz stropa kotlovnice izravno u hidrauličku prostoriju preko prigušivača vatre.



Slika Pogreška! U dokumentu navedenog stila..153 Ventilacija silosa (izvor: Suva [138]).

Pražnjenje ispušnog zraka silosa

Prilikom planiranja otvaranja ispušnog zraka silosa, treba imati na umu da fermentacijski plinovi imaju neugodan miris. U slučaju moguće smetnje mirisa, preporuča se voditi ispušni zrak silosa preko krova zasebnim sustavom ispušnog zraka.

14.2.5 Dizajn skladišta

Za manje i srednje toplane obično se koristi silos za skladištenje goriva; za veličinu postrojenja > 2 MW, skladište je mnogo isplativije (Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..154). Za postrojenja < 2 MW s izravnim lancem opskrbe, izgradnja pristupačnog skladišta s lako dostupnim potisnim podom, a s dnevnim silosom također može biti ekonomsko rješenje ako se skupi podni silos može izostaviti. Za vrlo velike toplane, alternativa skladištu je nadzemni okrugli silos.



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1544 Silo (izvor: Holzenergie Schweiz).

Upravljanje skladištem provodi se uz sljedeću logistiku:

- Upravljanje skladištem i punjenje dnevnog silosa i pokretnog poda s utovarivačem na kotačima ili teleskopskim utovarivačem
- Potpuno automatski sustav dizalice, koji ima istovarni i dnevni silos
- Sustav za utovar i istovar sa strugačkim lančanim transporterom. Predsilos sa strugačem ili potisnim podom za utovar strugačkog lančanog transportera, ispuštanje goriva u sustav za punjenje peći s potisnim podom
- Punjenje kroz sustav pužnog transportera, ispuštanje s potisnim podom
- Skladištenje i pražnjenje posebnim sustavom kao što je Topload.

Skladišta treba unakrsno provjetravati, tako da se ukloni vlaga koja bježi iznad goriva. U slučaju sustava dizalice i sustava utovara i istovara s lančanim transporterom strugača, potrebno je osigurati i hitnu hranu u dnevni silos kako bi sustav grijanja drva mogao nastaviti raditi u slučaju kvara sustava upravljanja dvoranom. Sa sustavom dizalice, gorivo se, na primjer, može prevmnuti izravno na potisni pod dnevnog silosa, koji prenosi gorivo u sustav punjenja. U sustavu utovara i istovara gorivo može, na primjer, pasti kroz otvor u transportnom kanalu lančanog transportera strugača na sustav punjenja.

14.2.6 Vanjsko skladište

Vanjsko skladištenje drvene sječke na zaliham ili trupaca u toplani ili na središnjoj lokaciji trebalo bi biti sunčano i dostupno tijekom cijele godine (Slika Pogreška! U

dokumentu nema teksta navedenog stila..155 i Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..156).

Nedostatak drvene sječke u vanjskom skladištenju su povećani gubici energije zbog gubitka tvari.

U slučaju drvene sječke na zaliham, kojima se upravlja ležajem kotača, mora se izbjegavati kontaminacija pijeskom i kamenjem. Potrebno je osigurati katransko mjesto s drenažom ili mjesto na kompaktnom, suhom podzemlju.



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1555 Vanjsko skladištenje drvene sječke na zaliham (izvor: Holzenergie Schweiz).



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1566 Vanjsko skladištenje oblovene u hrpama (izvor: Holzenergie Schweiz).

Prilikom skladištenja vlažnih goriva kao što su drvena sječka od šumskih ostataka, industrijskih ostataka, drva iz upravljanja krajolikom, preostalog drva od stanjivanja, kao i isjeckane ili ne isjeckane kore, moraju se poštivati sljedeći opći uvjeti:

- Dobra aeracija goriva na zalihi postiže se niskim udjelom sitnih čestica uključujući iglice, lišće i grančice te krupnom grudvastošću goriva.
- Visok udio sitnih čestica i mala kvrgavost sprječavaju ravnomjerno sušenje goriva i potiču stvaranje plijesni na vrhu hrpe. Podizanje vlage spriječeno je u slojevima s visokim udjelom čestica, a oslobođena vlaga ponovno se kondenzira u tim slojevima (osobito na vrhu hrpe).
- Razgradnja suhe tvari u gorivu (visoke vrijednosti razgradnje do 4 % mjesečno s visokim sadržajem vode) može se smanjiti kratkim vremenom rukovanja i optimalnim sušenjem goriva grubom kvrgavošću (dobro prozračenom). Bilješka se također odnosi na skladištenje goriva u silosima ili skladištima.
- Osobito u slučaju goriva sa čelijama otvorenih pora kao što je crnogorično drvo, sušenje goriva tijekom dužeg razdoblja skladištenja može se optimizirati

pokrivanjem vanjskog vlaženja goriva oborinama. Hrpe od crnogoričnog drva djelomično su prekrivene usitnjenim folijama kako bi se izbjegla strana vlaga.

- Stopa sušenja goriva, koja može biti do 10 % smanjenja sadržaja vode tijekom prvog mjeseca, znatno je veća ljeti i prijelaznom razdoblju nego u hladnom zimskom razdoblju.

14.2.7 Spontano izgaranje i gubitak tvari

Prilikom skladištenja velikih količina drvene sječke postoji opasnost od spontanog izgaranja. Uvijek postoji povećan rizik ako je istovremeno ispunjeno nekoliko sljedećih uvjeta:

- Posebno dugo razdoblje skladištenja (npr. više od 3 mjeseca).
- Skladištenje u toplom vremenu (ljetni mjeseci)
- Gorivo je vlažno i možda još uvijek zeleno kada se skladišti.
- Gorivo sadrži veće dijelove igala ili lišća.
- Dio goriva je vrlo sitno scjepano.
- Gorivo sadrži visoke udjele svježih kora ili finih grana (npr. materijal krošnje bogat hranjivim tvarima).
- Usitnjavanje je učinjeno s drobilicama.
- Različite kvalitete (npr. grubo/fino, vlažno/suho, vrhunsko drvo/drvo stabiljke) skladišti se jedna za drugom u istom skladištu.
- Gorivo je nehomogeno i odlaže se u različitim slojevima tijekom skladištenja (stvaranje hrpe). Granični slojevi nastaju između pojedinačnih goriva različite kvalitete ili podrijetla.
- Gorivo se nagomilava relativno visoko (> 4 m).
- Gorivo se zbija tijekom skladištenja od strane vozila koja ga voze.
- Ovisno o vrsti upravljanja skladištem, a posebno u slučaju duljih faza skladištenja, prvo uskladišteni materijal ne uklanja se prvi. To znači da razdoblje skladištenja goriva nije ujednačeno.

Osim rizika od spontanog izgaranja, takvi uvjeti skladištenja također dovode do znatnih gubitaka energije zbog biološke degradacije - od kojih neki, međutim, nisu vidljivi izvana. U slučaju vlažne, fine drvene sječke, ti gubici su 2 do 3 posto mjesečno. Stoga nije preporučljivo dugotrajno skladištenje drvene sječke niske kvalitete.

Stoga bi trebalo poduzeti kombinaciju sljedećih mjera kako bi se spriječili spontani požari izgaranja:

- Odvajanje različitih kvaliteta drvene sječke u njihove hrpe
- Izbjegavanje visokog sadržaja vode u uskladištenom materijalu dopuštajući da se drvo osuši prije usitnjavanja
- Izbjegavanje tupih alata za rezanje za usitnjavanje
- Najgrublja moguća struktura drvene sječke
- Izbjegavajte veće dijelove iglica ili listova jer su to tvari koje se lako mogu napasti mikrobima
- Kratko razdoblje skladištenja (osobito kada su vanjske temperature tople tijekom skladištenja).

- Prozračivanje (ulaz toplog zraka, izlaz za vlagu)
- Visina odlaganja < 4 m (ako je moguće, formirana kao šiljasti konus ili hrpa)
- Mali poprečni presjek za skladištenje na otvorenom (širina hrpe < 6 m)
- Izbjegavajte dugotrajno skladištenje (također zbog gubitka goriva)
- Ako je potrebno, aktivno sušenje ili ventilaciju hlađenje
- Korištenje temperaturnih sondi za praćenje (prikadne su, na primjer, sonde koje se također koriste za praćenje hrpe sijena).
- Pridržavajte se minimalne udaljenosti do zgrada ili drugih objekata i maksimalne količine skladištenja.

Preventivna zaštita od požara

Prilikom skladištenja goriva, povećana pozornost mora se posvetiti prevenciji požara, a uvijek se moraju poštivati ​​važni propisi o sprečavanju požara. Odgovorna vatrogasna postrojba upoznata je s lokalnim uvjetima i trebali bi biti dostupni zajednički pripremljeni operativni planovi.

Ako se pohranjene hrpe goriva otvore ili uklone radi gašenja požara, pristup kisiku može dovesti do otvorenog požara.

14.2.8 Dizajn silosa za drvenu sječku

Veličina silosa određuje se na temelju ravnoteže mjesečne potražnje za sječkom i mjesečne proizvodnje ostatka drva. Ovdje silos za drvu sječku ima funkciju skladišta goriva i istovremeno djeluje kao pufer spremnik za apsorpciju materijala koji ulazi. Projektant mora pojasniti koliko će preostalog drva biti proizvedeno u određenom vremenskom razdoblju i koji se njegov udio može koristiti kao gorivo. Višak preostalog drva može se isporučiti trećim stranama. Prikadni oblici su okrugli ili kvadratni silosi.

Zahtjevi za konstrukcijski dizajn i rad u skladu s primjenjivim preporukama i propisima (vidi poglavlje 19) moraju se posebno poštovati:

- Sprječavanje požara i eksplozije
- Zdravstveni i sigurnosni propisi kako bi osobe s odgovarajućom zaštitnom opremom mogle sigurno obavljati upravljanje silosima
- Postupak za otklanjanje poteškoća
- Sustav za pražnjenje u slučaju nužde

14.2.9 Dizajn za skladištenje peleta

Sljedeći zahtjevi za konstrukcijski dizajn i rad trgovine peleta detaljno su opisani u brošuri skladišta "Preporuke za skladištenje drvenih peleta" [67]:

- Profesionalna isporuka i skladištenje peleta
- Podloga za zaštitu od udara
- Svojstva kao što su suhi skladišni prostor (bez prodora vlage), zidovi nepropusni za prašinu i prodori zidova, statički zahtjevi, prevencija eksplozije itd.

- Volumen ili kapacitet skladištenja ovisno o nazivnoj izlaznosti kotla na pelete
- Sustav pražnjenja ovisno o nazivnoj izlaznosti kotlova na pelete
- Ventilacija skladišnog prostora za zdravlje i sigurnost (kako bi se spriječile visoke koncentracije CO)
- Skladišta peleta preko 50 m³ moraju biti opremljena vanjskim vratima
- Čišćenje spremišta

Nadalje, navedeni su sigurnosni propisi koji se moraju poštivati pri ulasku u skladište peleta kako bi se spriječile nesreće uzrokovane koncentracijama toksičnog CO.

Skladište peleta mora biti u skladu s lokalno primjenjivim propisima i smjernicama u vezi s sprečavanjem požara i nesreća (vidi poglavlje 19.).

14.3 Odabir i dimenzioniranje pražnjenja goriva

14.3.1 Opće napomene

Odgovarajući izbor i dimenzija transporta goriva ovisi o asortimanu goriva i njegovoj protočnosti. To je određeno veličinom čestica (kvrgavost), udjelom vode, sadržajem finih čestica i tehnikom obrade. Sjeckano gorivo rezultira rezanim površinama, dok isjeckano gorivo rezultira slomljenim površinama. Izbor sustava pražnjenja i transporta goriva ovisno o asortimanu goriva i vrsti skladištenja goriva može se vidjeti u Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..37.

Peleti ili suha kvalitetna drvena sječka s niskim udjelom sitnih čestica imaju visoku protočnost.

14.3.2 Transport goriva

Dimenzioniranje opreme za pražnjenje i transport za potrebnu operativnu sigurnost s danim asortimanom goriva treba pažljivo planirati

Princip prijenosa ovisi o gorivu. Veličinu i dimenziju transportne opreme obično određuje dobavljač sustava

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..372** Izbor vrste skladištenja goriva ovisno o asortimanu goriva, ispuštanju goriva i transportnom sustavu.

Raspon goriva	Vrsta skladištenja goriva	Sustav za doziranje	Sustav transportera goriva	Sustav punjenja peći
Peleti	Zatvoreno skladištenje peleta Apsolutno suho Nadzemni okrugli silos	Srednje vijčano pražnjenje Pražnjenje opružne jezgre Zglobno pražnjenje ruke Centralno pražnjenje Pokretno podno pražnjenje	Pužni transporter	Stokerov vijak
Kvalitetna drvena sječka	Podzemni silos, nadzemni silos	Pražnjenje opružne jezgre Zglobno pražnjenje ruke Centralno pražnjenje Klizno pražnjenje poda	Pužni transporter	Stokerov vijak
Drvena sječka do P45S-M55+	Podzemni silos	Pokretno podno pražnjenje Pražnjenje vijka za glodanje	Pužni transporter	Stoker i dvostruki vijak

loženja na temelju izlaza kotla i veličine silosa. Međutim, projektant ima odlučujući utjecaj na raspored silosa i kotla. Osim zahtjeva da skladište goriva i kotao budu što bliže jedan drugome, u sustavima s više kotlova svaka ložena jedinica treba imati vlastiti transportni sustav.

Oprema za prijenos ne smije narušiti pristupačnost kotla, separatora za leteći pepeo, filtra za finu prašinu i dimnjaka.

14.3.3 Pražnjenje

Ispuštanje silosa

Za vlažnu šumsku sječku, sječku iz pilanske industrije i koru preporuča se silos s potisnim ispuštanjem. Pokretni pod je neosjetljiv na prevelike čestice goriva i strane tvari poput kamenja. Dimenzioniranje potisnog poda (osobito potisnih šipki i hidrauličnih cilindara) mora biti projektirano za najveću moguću ili dopuštenu visinu odlaganja i mora biti specificirano i provjereno od strane projektanta.

Za silose za strugotine okruglog i četvrtastog oblika, središnji vijci su prikladni za transport goriva u središte, iako se jeftini konusni vijak također koristi za male promjere silosa. Za pravokutne dizajne silosa, za ispuštanje silosa koristi se vijčani vijak ili potisni pod.

Pražnjenje iz skladišta peleta

Pražnjenje iz skladišta peleta se često provodi sa središnjim vijčanim pražnjenjem u kombinaciji s kosim podom (za mali kapacitet skladištenja) ili pomoću opružnog pražnjenja jezgre, pražnjenja zglobnog prostora za ruke (za veliki kapacitet skladištenja). Skladište se mora moći što potpunije i lakše napuniti i isprazniti. Mrtvi prostori moraju biti minimizirani. Za sustave se koriste pneumatski sustavi za izvlačenje < 50 kW.

	Nadzemni okrugli silos		Lančani transporter za struganje	Potiskivač Izravni potiskivač
	Skladište s dnevnim silosom		Poprečni potisni pod Hidraulički potisni transporter	Potiskivač
LH, DH, RZ, Ruz i otpadno drvo do P63-M55+	Skladište s dnevnim silosom Nadzemni okrugli silos	Pokretno podno pražnjenje Pražnjenje vijka za glodanje	Lančani transporter za struganje Poprečni potisni pod Hidraulički potisni transporter	Izravni potiskivač
RHH	Okrugli ili kvadratni silosi	Konusno pražnjenje vijka Centralno pražnjenje	Pužni transporter	Stokerov vijak

14.3.4 Transportni sustavi za gorivo

Pneumatsko prenošenje

Prijenos prašine, čipsa, suhe drvene sječke i peleta moguć je i pneumatski i mehanički. U slučaju pneumatske opreme, puhalice preuzimaju transport; s mehaničkom opremom koriste se vijčani transporteri. Ako strukturna situacija dopušta, na primjer s kratkim transportnim priključcima, mehanički transportni sustavi su poželjniji od pneumatskih. Prednosti mehaničkog transporta su u tome što oni

- manje su osjetljivi na neuspjeh,
- zahtijevaju manje pogonske energije i
- isplativiji.

Pužni transporter

Površina primjene pužnog transportera ograničena je na sljedeće maksimalne dimenzije goriva:

- Maksimalna duljina komada goriva odgovara promjeru vijka.
- Maksimalna debljina proizlazi iz razmaka između promjera vijka i nazivnog promjera kanala za napajanje ili nazivnog promjera vijčane vodilice.

Fleksibilni komadi u gorivu mogu se zaglaviti ili završiti na vijčanoj jezgri (na primjer, svježi komadi duge kore ili dugi dijelovi drvene sječke). To može uzrokovati probleme tijekom prijenosa pužnog transportera. Goriva slabog ponašanja protoka, kao što je grubo isjeckano drvo za održavanje krajolika, mogu uzrokovati probleme s prijenosom na prijenosnim mjestima zbog premošćivanja.

Strugač lančani transporter ili potisni sustav

Goriva s velikom kvrgavošću (vrlo dugi ili debeli komadi) kao i goriva slabog ponašanja protoka prenose se pomoću lančanog transportera strugača ili potisnog poda.

14.3.5 Doziranje peći

Pužni transporter

Vidjeti gore u poglavlju **Pogreška! Izvor reference nije pronađen..**

Dvostruki pužni transporteri velikog nazivnog promjera također omogućuju transport dugih komada u gorivu s manjim promjerom pojedinih vijčanih transportera.

Hidraulički potiskivač, sustavi izravnih potiskivanja ili sustavi odašiljača

Potiskivači omogućuju prijenos vrlo dugih dimenzija goriva s duljinom završnog komada do 100 cm u komoru za izgaranje.

Dodatni rezni rub na sustavu izravnog potiskivača ili sustavu odašiljača može odrezati dijelove goriva s viškom duljine. Dva rezna ruba odvojena jedan od drugoga reljefnom zonom su povoljna kako bi se značajno smanjila potreba za električnom energijom za hidrauličku jedinicu sustava potiskivača. Kora iz perforiranog rotora s dijelovima kore do 80 cm može se prenijeti u peć bez prethodnog usitnjavanja. Otpadno drvo s visokim udjelom stranog materijala (kamenje, metali itd.) uzrokuje visoko trošenje na uređaju za guranje.

Trošenje potiskivača pri punjenju peći otpadnim drvom može se značajno smanjiti pred odvajanjem sadržaja stranog materijala.

Napomena o riziku od povratnog udara

Kako bi se spriječilo povratno punjenje u sustav potiskivača, kotao na biomasu mora raditi pri minimalnom kontinuiranom opterećenju, što omogućuje kontinuirano umetanje goriva.

Primjenjuju se sljedeće vrijednosti vodilice za potrebno minimalno kontinuirano opterećenje:

- > mokro gorivo M40: 20% nominalne proizvodnje kotla
- < suho gorivo M40: 30% nazivne proizvodnje kotla.

Isključen je rad s malim opterećenjem ispod potrebnog minimalnog kontinuiranog opterećenja.

Potiskivači se uglavnom koriste u sustavima za loženje ostataka iz pilane ili drva iz održavanja krajolika. Za suhe strugotine i prašinu, potiskivači moraju biti opremljeni dodatnim kliznim ventilom za sprječavanje požara u žlijebu koji se automatski

zatvara u slučaju zamračenja zbog opasnosti od povratnog udara.

14.4 Odabir i dimenzioniranje uklanjanja pepela

Logistika pepela za toplanu mora se detaljno definirati već u fazi planiranja, s ciljem uklanjanja pepela s niskim održavanjem, jednostavnim, usklađenim i bez prašine.

Tijekom postupka izgaranja proizvode se sljedeće frakcije pepela (Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..100):"

- Grubi pepeo (pepeo iz rešetke, pepeo iz kotla, pepeo iz fluidiziranog sloja)
- Ciklonski leteći pepeo (ciklonski pepeo, leteći pepeo, pepeo iz fluidiziranog sloja)
- Fini leteći pepeo (filtarski pepeo).

Skladištenje pepela u toplani

Među skladištenje pepela proizvedenog za uklanjanje pepela može se obaviti, na primjer, pomoću spremnika za pepeo ili bunkera za pepeo:

- Spremnici za pepeo veličine 240 l, 400 l, 600 l, 800 l, 1.000 l raspoređeni su, na primjer, kao "kontejnerska stanica za pepeo".
- Bunker za suhi pepeo integriran u strukturu toplane (nije moguće srednje skladištenje velikih dijelova troske, uklanjanje pepela transportnim vozilom s ugrađenim sustavom za ekstrakciju pepela).

Ostale mogućnosti za skladištenje pepela su:

- Posebni pokretni kontejneri "Roll on-Roll off" u toplani ili na otvorenom
- Velike vreće (FIBC - fleksibilni srednji kontejner za rasuti teret)

Transportni sustavi za uklanjanje pepela

Grubi pepeo transportira se u spremnik ili bunker pepela mehaničkim sustavima za ispuštanje pepela s pužnim transporterima s maksimalnim gradijentom od 45° bez da pepeo teče natrag u vijčani kanal, transportnim trakastim transporterima, lančanim transporterima strugača, lančanim transporterima, transportnim trakama ili uklanjanjem mokrog pepela s lančanim transporterima strugača.

Prijenos ciklonskog letećeg pepela i finog pepela u kantu za pepeo ili bunker za pepeo može se izvesti pužnim transporterom s maksimalnim nagibom od 45° ili s pneumatskim sustavom za usisavanje pepela, pri čemu treba napomenuti da sustavi za mehaničko uklanjanje pepela imaju sljedeće prednosti u odnosu na pneumatske:

- Manja osjetljivost na greške (strani dijelovi, dijelovi troske, čestice žara)
- Niži pomoćni zahtjevi za energijom
- Niže emisije buke
- Nema trošenja zavoja cijevi.

U slučaju pepela bogatog šljakom ili pepelom s visokim stranim sadržajem kamenja, pijeska itd., Vijčani transporteri podliježu visokom trošenju. Za velike transportne udaljenosti treba koristiti potisnu šipku, lanac strugača, lančani lanac ili transportere kante.

Transportni put sustava za ispuštanje pepela do spremnika pepela, pepeljare ili od toplane do preskakanja ili spremnika za "valjanje/otkotrljanje" mora biti nepropusn za prašinu i robustan s najkraćim mogućim, jednostavnim rasporedom (linearnim).

Jednostavan pristup putem otvora za održavanje pojednostavljuje otkrivanje kvarova i radova na održavanju.

Pneumatski sustavi za uklanjanje pepela mogu se koristiti u slučaju velikih udaljenosti ili kompliciranih rasporeda transportnog puta. Treba napomenuti da se pneumatski sustavi mogu koristiti samo s pepelom i pepelom bez troske bez strane tvari, na primjer s elektrostatičkim talogom ili filtrima tkanine.

Uklanjanje pepela

Na temelju navedene logistike odlaganja (vidi poglavlje 9.) mora se donijeti odluka o tome trebaju li se različite frakcije pepela privremeno skladištiti odvojeno. U tom kontekstu, buduće recikliranje određenih frakcija pepela također se mora uzeti u obzir donošenjem odredbi za naknadno odvajanje.

Za velika postrojenja > proizvodnju kotla na biomasu snage 2 MW, nakupljanje pepela treba automatski prenijeti u prijenosne spremnike na kamione "roll on/roll off". Spremnici za pepeo treba na jednostavan način utovariti u transportno vozilo. Jednostavan uređaj za mijenjanje (npr. skipovi/uređaji koji se mogu pomicati na tračnicama) na raspoloživi zamjenski spremnik za pepeo omogućuje jednostavno uklanjanje pepela. (vidi Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 157).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 157** Pepeo kroz uređaj za mijenjanje (izvor: AEE INTEC).

U slučaju kotlovskih sustava srednje veličine biomase < ukupne proizvodnje od 2 MW, trebalo bi biti moguće premjestiti spremnike za pepeo izravno iz toplane na otvoreni zrak kako bi se izbjegla skupa pomoćna oprema kao što su hidraulična dizala spremnika za pepeo,

platforme za podizanje, uređaji za podizanje ili pneumatska oprema za transport.

Prilikom projektiranja sustava za odlaganje pepela važno je voditi računa o lakom utovaru spremnika za pepeo na transportno vozilo i stvaranju prašine prilikom pražnjenja spremnika za pepeo u vozilo za prikupljanje otpada. Kako bi se izbjeglo stvaranje prašine, vrećica koja se može zatvoriti može se staviti u prazan spremnik i zatvoriti prije pražnjenja. Pepeo bez žara može se puniti u vrećice za jednokratnu upotrebu (FIBC), transportirati i odlagati.

Za postrojenja srednje veličine sve je češće uklanjanje pepela pomoću transportnog vozila s montiranim sustavom za vađenje pepela (Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..158). To omogućuje jednostavno rukovanje pepelom u toplani. Cijev za transport pepela iz toplane prema van (priključna cijev transportnog vozila) obično je projektirana kao fiksna instalacija.

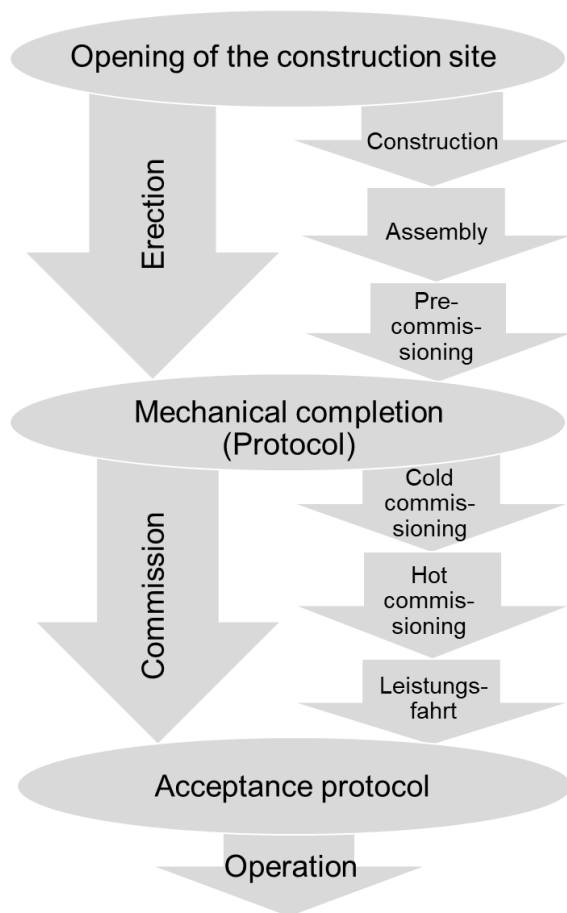


Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..158**Transportno vozilo s ugrađenim sustavom za vađenje pepela (izvor: Holzenergie Schweiz).

15 Izvođenje i prihvaćanje kotlovskog sustava biomase

15.1 Opći zahtjevi i definicija najvažnijih pojmova

Izvršenje i prihvaćanje distribucije topline opisano je u Priručniku o planiranju mreža centraliziranog grijanja[19]. U nastavku će se raspravljati o izvršenju i prihvaćanju kotlovskog sustava biomase. Moraju se poštivati važeći propisi saveznih država; mogu dovesti do odstupanja od zahtjeva i postupaka navedenih u nastavku kao primjeri, kao i ugovorni sporazumi za pojedine projekte.



Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..159 Učenje, puštanje u rad i rad postrojenja (na temelju [139]).

Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..159. prikazane su uobičajene faze projekta: gradnja, puštanje u rad i rad sustava. Otvaranjem gradilišta počinje **montaža postrojenja**, odnosno izgradnja i montaža. Nakon toga se provode sigurnosna i funkcionalna ispitivanja; oni mogu biti povezani s puštanjem u rad infrastrukture i pomoćnih objekata, a u cijelosti se nazivaju i puštanjem u rad. Priprema za puštanje u pogon označava snimanje

takozvanog mehaničkog završetka odnosno je vrijeme za stvarno puštanje u rad.

Hladnim puštanjem u rad uspostavlja se operativna spremnost do te mjere da se postrojenje može pokrenuti. Tijekom naknadnog vrućeg puštanja u rad, postrojenje prvi put radi u radnim uvjetima. Cilj naknadne probne operacije je prilagoditi sustav tako da postigne dogovorene parametre i pokaže se upotrebljivim za kontinuirani rad. Dokaz o uspješnosti s mjerenjima prihvaćanja mora se pružiti izvođenjem performansi, koje se naziva i test prihvaćanja. Ispitivanje uspješnosti završava potpisivanjem izvješća o prihvaćanju od strane ugovornih partnera. Postrojenje sada ulazi u komercijalni rad (kontinuirani rad) [139].

Puštanjem u rad, svaka tvrtka stavlja svoj dio postrojenja u funkciju u skladu s ugovorom o pružanju usluga. Puštanje u rad pojedinih komponenti toplane provodi se u skladu s opće primjenjivim propisima. Ako se nekoliko dijelova postrojenja treba naručiti zajedno, nadzor lokacije (upravljanje lokacijom), u dogovoru s pojedinačnim izvođačima, koordinira vrijeme pojedinačnog puštanja u rad s rasporedom. Dotična tvrtka odgovorna je za puštanje u rad pojedinih komponenti postrojenja.

Svaki dio instalacije prihvaća se pojedinačno u skladu s ugovorom o servisiranju. Građevinski nadzor odgovoran je za provedbu prihvaćanja. Ako je prihvaćanje uspješno, dio instalacije koji je izgradila tvrtka predaje se klijentu.

Završena je predaja cijelog objekta vlasniku zgrade,

- ako su sve komponente postrojenja prihvaćene u skladu s ugovorom o pružanju usluga i ako je izvršen naknadni ispravak kvarova, i
- kada je građevinski nadzor predao potpuno završenu dokumentaciju cjelokupnog sustava vlasniku zgrade.

15.2 Nadzor građenja

Nadzor građe, koji se naziva i upravljanje gradilištem ili tehničko upravljanje gradilištem, mora provoditi iskusna i kompetentna osoba. To je odgovornost vlasnika zgrade i stoga ga mora organizirati vlasnik zgrade. Obično vlasnik zgrade predaje građevinski nadzor projektantu. Posebno služi za kontrolu pravodobnog i profesionalnog izvršavanja komponenti postrojenja od strane pojedinačnih dobavljača, kao i koordinacije izgradnje na višoj razini. Preporučuje se da se donesu precizni sporazumi o tome koje mjere osiguranja kvalitete moraju provoditi dobavljači sastavnih dijelova, a koje građevinski nadzornik.

Nadzor izgradnje je održavanje građevinskih sastanaka u maksimalnim jednodjelnim intervalima, u kojima moraju sudjelovati svi dobavljači postrojenja. Na tim sastancima raspravljat će se o trenutnom statusu projekta, sučeljima između pojedinačnih dobavljača postrojenja, rasporedu i svim drugim pitanjima. Zapisnici svih sastanaka pišu se i šalju svim sudionicima.

Nadzor nad izgradnjom trebao bi pravodobno zatražiti da se osnovni podaci dobavljača postrojenja prosljede drugim dobavljačima postrojenja na njihovo izvršenje.

Poslovi nadzora građenja uključuju osiguravanje da se instalacijski radovi dobavljača postrojenja obavljaju u skladu s ugovorima o uslugama. To se posebno odnosi na profesionalnu ugradnju i izvođenje, sigurnost rada i čistoću. Kvaliteta instalacije, tekuća dokumentacija i mjere osiguranja kvalitete dobavljača komponenti moraju se redovito provjeravati u nasumičnim uzorcima i dokumentirati (npr. šavovi za zavarivanje, nepropusnost, ožičenje, smjer rotacije, ugradnja u skladu s planovima i dijagramima protoka).

Nadzor nad izgradnjom treba redovito obavještavati klijenta o trenutnom stanju projekta.

15.3 Kritične točke tijekom faze izgradnje

U nastavku se kao primjeri obrađuju neke kritične točke tijekom faze izgradnje.

Instalacija silosnih umetaka

Sidreni profili i vodilice za pražnjenje silosa moraju biti postavljeni u ranoj fazi izgradnje. U pravilu, konstrukcijski inženjer izrađuje oplat i planove armature potrebne za izgradnju silosa, integrirajući strukturne elemente sustava pražnjenja. Projektant koordinira isporuku građevinskih tvrtki i dobavljača opreme i provjerava silosne planove građevinskog inženjera.

Umetke ispuštanja silosa instalira dobavljač postrojenja koji koordinira vrijeme ugradnje s građevinskom tvrtkom. Posebno u ovoj zahtjevnoj fazi izvršenja, projektant bi trebao osigurati ispravnu interakciju između građevinske tvrtke i dobavljača postrojenja na licu mjesta.

Određivanje polaganja cijevi i kabela

Točne pozicije prodora cijevi za centralizirano grijanje, podatke, vodu, kanalizaciju, telefon, struju, a možda i naftne i plinske vodove planer bi trebao obznaniti tijekom temeljnih radova tako da cijevi i kabeli kasnije ne budu postavljeni na nepovoljnim mjestima. Preduvjet je da se planiranje ovih linija u kotlovnici već dogodilo u ovom trenutku.

Razmatranje traka za uzemljenje za izjednačavanje potencijala

Ugradnja traka za uzemljenje, njihovo ispuštanje u tlo i mogućnosti spajanja za izjednačavanje potencijala strojeva i gromobrana također se moraju izvesti u dogovoru s građevinskim poduzećem već u fazi temelja. Čest je slučaj da u ovom trenutku elektropoduzeće još nije čvrsto sklopilo ugovor i stoga građevinska tvrtka mora izvršiti ovaj posao ili naručiti elektropoduzeće da ga izvrši. U načelu, preporučljivo je da je ova aktivnost već uključena u natječaj za građevinske aktivnosti.

Ugradnja velikih komponenti postrojenja

Ugradnja velikih komponenti sustava mora se planirati zajedno s napretkom izgradnje zgrade. U tom procesu moraju biti jasni odgovarajući otvori za ugradnju komponenti. Neprikladne mogućnosti ugradnje komponenti sustava mogle bi dovesti do djelomične demontaže vrata, vrata, krovova ili zidova (rezovi zidova)

što bi moglo uzrokovati kašnjenja i neočekivane troškove za vlasnika zgrade.

Pričvršćivanje montažnih pomagala

Dobavljači često koriste privremena montažna pomagala i opremu za dizanje za montažu teških komponenti postrojenja, npr. dizalica opterećenja koje su pričvršćene na strop. Takva se oprema mora planirati u skladu s tim jer može utjecati na statiku zgrade i mora se uzeti u obzir pri dimenzioniranju.

U tom kontekstu trebalo bi razmotriti mogu li se montažna pomagala i oprema za dizanje trajno ugraditi tako da budu dostupni i za kasnije radove održavanja i servisiranja.

15.4 Puštanje u pogon i u rad

15.4.1 Pripreme za puštanje u pogon, hladno puštanje u rad

Za puštanje u pogon potrebno je izvršiti sljedeće pripreme nakon dovršetka instalacije novog sustava [139]:

- Osnovno čišćenje,
- Testovi sigurnosti i funkcije, testovi curenja,
- Puštanje u rad pomoćnih objekata i infrastrukture.

Funkcionalnu provjeru pojedinih komponenti sustava obično provodi proizvođač kotla, uključujući sve električne pogone i I&C tehnologiju. Nakon dokumentiranja mehaničkog završetka, sljedeći korak je hladno puštanje u rad, što čini sustav spremnim za rad. Protokol pokazuje da je sustav spreman za rad.

U praksi se tijekom ovih pripremnih faza javlja niz ključnih aspekata za kotlovske sustave na biomasu:

- Za prvo loženje kotlovskog sustava na biomasu potrebno je suho gorivo kako bi se obloga komore za izgaranje mogla potpuno osušiti. Zahtjevi za gorivo u pogledu količine i kvalitete moraju biti dogovoreni s dobavljačem sustava.
- Silos za gorivo u početku treba napuniti na najviše jednu trećinu. Ako se pojave problemi sa sustavom pražnjenja, nije potrebno isprazniti cijeli sadržaj silosa kroz otvor za punjenje.
- Kako biste spriječili premošćavanje, ostavite dovoljno vremena da se silos beton osuši prije prvog punjenja. Dvotjedna faza sušenja smatra se minimalnom. Prije punjenja dobavljač postrojenja mora provjeriti funkciju i dizajn sustava za ispuštanje, kao i kvalitetu površine poda silosa. Dobavljač zatim daje zeleno svjetlo upravi za početno punjenje. Prije punjenja, unutrašnjost silosa se mora očistiti.
- Da bi sustav generatora topline bio pušten u rad, mora se osigurati da postoji dovoljan odvod topline.
- Zadatak je upravljanja gradilištem, uz konzultacije s dobavljačima postrojenja, koordinirati prisutnost pojedinih tvrtki.

Priprema kontrolnog popisa za puštanje u pogon

- Sustav grijanja i napunjena ekspanzijska posuda (toplinska snaga spremna za rad)?
- Je li cjevovod ispravno izveden?
- Kotlovska pumpa radi?
- Ventilatori zraka za izgaranje i dimnih plinova funkcionalni?
- Zaštita temperature povratka kotla funkcionalna?
- Položaj senzora ispravan?
- Sigurnosni termostatski ispravan postavljen?
- Sigurnosni ventil montiran?
- Sigurnosni uređaj za toplinsko pražnjenje funkcionalan?
- Priključci cijevi, zaštita od povratnog požara postavljeni i spremni za rad
- Električni priključci uključujući sigurnosni lanac provjeren za pravilno funkcioniranje?
- Čišćenje dimnih plinova, priključak dimnjaka i dimnjaka u redu?
- Transportni sustavi (gorivo, pepeo) provjereni za funkciju?
- I&C, sučelja, komunikacija, vizualizacija i, ako je primjenjivo, funkcionalno snimanje podataka?

15.4.2 Probna operacija puštanja u pogon postrojenja

Preduvjet za vruće puštanje (probna operacija) u rad kotlovske sustava, koji se naziva i toplo puštanje u rad, je završena provjera funkcije i puštanje u rad dijelova sustava koji nisu uključeni u opseg isporuke dobavljača sustava, ali su potrebni za rad kotlovske sustava. Vruće puštanje u rad sustava odvija se kada se kotlovski sustav na biomasu prvi put upali (start-up), pri čemu se istovremena interakcija svih dijelova sustava mora odvijati pomoću automatske kontrole sustava. Prvo, obloga komore za izgaranje se suši prema specifikacijama proizvođača. Tada se kapacitet pečenja povećava u fazama. Tijekom ove faze, nadzor nad izgradnjom, specijalizirano naručiteljsko osoblje i kvalificirano osoblje za sve relevantne komponente postrojenja (proizvođač kotlova, graditelj sustava, vodoinstalat, električar, upravljački inženjer) kao i buduće operativno osoblje trebali bi biti prisutni ili dostupni u kratkom roku. Za ovu fazu trebalo bi omogućiti dovoljno vremena. Ovisno o veličini sustava, treba planirati cijeli dan do nekoliko dana. Vruće puštanje u rad često se naziva probna operacija [139].

U tehnologiji grijanja i elektrane, probni rad se također može shvatiti kao zasebna radna faza između puštanja u pogon na toplo i kontinuiranog rada [139]. U slučaju kotlovskih sustava na drva, može početi čim

- uređaj može raditi u automatskom načinu rada i ispunjava sva sigurnosna ispitivanja (npr. sigurnosni graničnik temperature, sigurnosni uređaj za toplinsko pražnjenje);
- sustav je prilagođen za probni rad i, ako je potrebno, ispitan je rad s različitim mješavinama goriva;

- održano je početno informiranje operativnog osoblja s operativnim priručnikom.

Tijekom probne operacije, koja može trajati od dva do nekoliko dana, ovisno o veličini i složenosti sustava, između ostalog,

- sustav je optimalno reguliran,
- potrebno je otkloniti znatne nedostatke,
- mora se dokazati nesmetan i neometan rad sustava pod nadzorom i odgovornošću dobavljača sustava.

Također, tijekom probnog rada, operativni podaci već bi trebali biti zabilježeni i ocijenjeni tako da se nepravilnosti u radu sustava mogu pravovremeno otkriti i riješiti prije prihvatanja.

Vrijednosti emisija i učinkovitosti dokumentiraju se kao izvješće o mjeranju i predaju vlasniku zgrade.

Ako dođe do kvarova koji prisiljavaju gašenje sustava i koji traju dulje nego što je dogovoreno u ugovoru o servisiranju, probna operacija mora ponovno započeti od početka nakon ispravljanja kvara. Probna operacija mora ponovno započeti i ako ukupno trajanje svih pojedinačnih kvarova premašuje razdoblje dogovoreno u ugovoru o servisiranju.

Dobavljač postrojenja odgovoran je za puštanje u rad kotlovnice na biomasu i za probni rad, jer postrojenje još nije predano vlasniku zgrade. Preduvjet za nesmetan početak rada grijanja je imenovanje odgovornog operativnog osoblja, koje je u skladu s tim upućeno. Tijekom puštanja u rad postrojenja operativno osoblje ima priliku upoznati se s kotlovnicom na biomasu i važno je da ih podržava dobavljač postrojenja i upravljanje gradilištem. To uključuje preliminarne upute operativnog osoblja od strane dobavljača postrojenja. Preliminarne upute trebaju se temeljiti na priručniku za uporabu.

Opseg operativnog priručnika

Rad kotlovske sustava na biomasu:

- Provjere prije puštanja u pogon i pokretanja
- Promjena položaja i efekata
- Načini rada

Što učiniti u slučaju kvarova:

- Koncept kvara i alarma
- Što učiniti u slučaju kvarova i popisa poruka o kvaru
- Tablica za dokumentiranje poruka o kvaru

Plan održavanja:

- Intervali čišćenja i uklanjanja pepela
- Definiranje revizijskog rada trećih strana

Sigurnost:

- Sigurnosna oprema
- Sigurnosni propisi
- Izbjegavanje nesreća s fermentacijskim plinovima

- Izbjegavanje nesreća na transportnoj opremi

Dokumentacija:

- Izgled postrojenja
- Plan električnih instalacija
- Potpuni popis operativne opreme u običnom tekstu

U većini slučajeva operativni priručnik nije dostupan u svojoj konačnoj verziji tijekom probne operacije (nedostaje shema revizije, plan održavanja još uvijek u obliku nacrti itd.). Međutim, dovoljno je konzultirati ovaj nacrt. Ispravno rukovanje funkcijama prebacivanja, poštivanje sigurnosnih propisa i uputa u slučaju kvarova moraju biti jasni. Tijekom puštanja u rad sustava, upravljanje gradilištem mora osigurati da dobavljač sustava u potpunosti uputi operativno osoblje za naknadnu probnu operaciju. Početna uputa operativnog osoblja mora biti zabilježena u protokolu koji moraju potpisati uprava gradilišta, dobavljač postrojenja i operativno osoblje.

15.5 Prihvaćanje

Probna operacija je uspješno završena i tvrtka sada želi predati sustav klijentu. Ova primopredaja od strane tvrtke ili prihvaćanje od strane klijenta omogućuje provjeru usklađenosti sa specifikacijama i tehničkim propisima.

Jedna od osnova za primopredaju je test performansi, koji se naziva i test prihvaćanja. Svrha je ispitivanja učinkovitosti pružiti pravno obvezujući dokaz o učinkovitosti postrojenja, koji se mora dostaviti tijekom određenog radnog razdoblja kao dio puštanja u pogon. Program za to ugovorno je dogovoren [139].

Ispitivanje performansi započinje kada je dobavljač sustava stabilizirao i optimizirao rad sustava i upravljačkog sustava u tolikoj mjeri da se u osnovi može osloboditi za nesmetan kontinuirani rad. Dobavljač sustava odgovoran je za ispitivanje performansi kotlovskog sustava na biomasu, jer sustav još nije predan vlasniku. Ako je provjera uspješna, često slijede pregovori o prihvaćanju koji završavaju potpisivanjem protokola prihvaćanja. Postrojenje je tada u predviđenom komercijalnom radu (kontinuirani rad) [139].

Propisi za pojedine zemlje

Kad je riječ o prihvaćanju i njegovoj dokumentaciji, moraju se poštovati važeći zakoni, standardi i propisi za pojedine zemlje, kao i ugovorni sporazumi za pojedine projekte. U tom bi pogledu trebalo uputiti i na relevantne standarde za ugovore o radu i uslugama u kojima su teme prihvaćanja i primopredaje regulirane za određene obrte. U nastavku mogu postojati odstupanja od primjernih zahtjeva i postupaka, uključujući posebne rokove.

Odgovornost, uključeni dionici, postupak

Hladno i vruće puštanje u rad kotlovskog sustava na biomasu odgovornost je dobavljača sustava i mora se dovršiti u trenutku prihvaćanja. Međutim, zajedničko prihvaćanje provodi se nadzorom izgradnje. U procesu prihvaćanja postrojenja moraju sudjelovati sljedeći sudionici:

- nadzor gradnje,
- dobavljač opreme i
- vlasnik zgrade.

Tijekom prihvaćanja, opseg isporuke i izvedbe dobavljača postrojenja provjerava se na temelju ugovora o pružanju usluga.

U trenutku prihvaćanja dobavljač postrojenja mora

- dostaviti potpuno ažuriranu dokumentaciju sustava, uključujući upute za uporabu, revidirane električne dijagrame, revidirane provedbene planove, evidenciju ispitivanja i izjavu o sukladnosti (vidjeti smjernice za uporabu, E.5) i
- detaljno uputiti operativno osoblje kotlovskog sustava na biomasu o tome kako upravljati i održavati sustav.

Upute operativnog osoblja postrojenja i pisana operativna dokumentacija

Upute operativnog osoblja posebno su važne za kotlovске sustave na biomasu. Visoka učinkovitost i niske emisije onečišćujućih tvari mogu se postići samo sustavima koji se pažljivo i profesionalno upravljaju i nadziru. Ako se, na primjer, koristi drugačije gorivo nego tijekom prilagodbe, operativno osoblje mora znati da postavka sustava sada više nije optimalna i da je treba prilagoditi.

Dobar priručnik za uporabu, koji također sadrži upute o tome što učiniti u slučaju kvarova i kako postaviti kontrolne točke, neophodan je za optimalno održavanje sustava.

Konačne operativne dokumente trebalo bi dostaviti najkasnije u trenutku prihvaćanja. Sve promjene u operativnom skupu tijekom probne operacije treba dokumentirati i ažurirati. Revizija i operativni dokumenti često se podnose tek nakon prihvaćanja. Međutim, odgovornost se prebacuje na vlasnika zgrade s uspješnim konačnim prihvaćanjem. To može dovesti do pravnih problema ako vlasnik može dokazati da nije bio dovoljno pripremljen za zadatak, što se može dogoditi u nedostatku jasnih uputa za uporabu.

S automatskim kotlovskim sustavima na biomasu, sigurnosni lanac je opsežniji nego kod konvencionalnih sustava grijanja. Posebna pozornost mora se posvetiti operativnom priručniku za sprečavanje nesreća, na primjer u sobi za silose ili na opremi za pražnjenje.

Protokol prihvaćanja

Zajednička inspekcija i prihvaćanje popraćeni su izradom protokola kojeg su potpisale sve strane, a koji služi kao dokaz za sve uključene strane. Protokol bilježi sve stavke ugovora o servisiranju i njihovo ispunjenje.

U nastavku su navedene samo one točke koje zahtijevaju posebnu pozornost za automatski sustav grijanja na biomasu:

- Opseg provjera isporuke (vrsta, provjera performansi, dimenzije, potpunost)
- Kontrola izvršenja (pričvršćivači, izolacija, kvaliteta materijala, dimenzionalna točnost)
- Sigurnosne kontrole (sigurnosni uređaji, sprječavanje obiti o glavu, sprječavanje nesreća)
- Provjera kontrolnih funkcija (ograničenje isporuke)
- Provjera emisija i performansi
- Izvješće o ispitivanju puštanja u rad i probnog rada

Zajednička inspekcija često otkriva male nedostatke i radove koji nisu u potpunosti završeni. To može dovesti do tri različite odluke:

2. Instalacija se može prihvatiti
3. Instalacija se može prihvatiti uz rezervacije (manji nedostaci).
4. Instalacija se ne može prihvatiti (veliki nedostaci).

Prihvatanje se može odbiti ako se pronađu veći nedostaci. Naručitelj ili nadzornik gradnje mora dobavljaču postrojenja odobriti prihvatljivo razdoblje za njihovo ispravljanje. Nakon toga potrebno je drugo prihvaćanje. Stavke navedene u prvom protokolu kao u skladu s ugovorom više se ne provjeravaju u drugom prihvaćanju.

Razlika između manjih i većih nedostataka određena je praksom. U načelu, nedostatak se smatra značajnim ako postoje razlozi da ga klijent ispravi što je brže moguće. To uključuje nedostatke koji sprječavaju pravilan rad ili puštanje u rad sustava, koji mogu dovesti do oštećenja ili koji ugrožavaju život ili zdravlje osoba, imovinu klijenta ili trećih strana. Estetski nedostaci nisu značajni. Općenito, pri procjeni se mora uzeti u obzir učinak kvara na cjelokupno postrojenje.

Ako se neke vrijednosti jamstva za emisije i učinkovitost ne mogu provjeriti tijekom zajedničkog pregleda, one se moraju izričito zabilježiti kao rezerve uspješnosti u protokolu inspekcije.

Predaja postrojenja klijentu

Uz uspješno prihvaćanje, postrojenje koje je izgradio dobavljač postrojenja predaje se klijentu. Prilikom predaje postrojenja klijentu, klijent mora preuzeti sljedeće obveze:

- Primopredaja nadzora: Od trenutka primopredaje, odgovornost je klijenta da poduzme sve mjere za zaštitu života i zdravlja osoba, njihovih stvari i imovine trećih osoba. Te obveze mora ispuniti dobavljač postrojenja do primopredaje.
- Prijenos rizika: Dobavljač postrojenja više ne snosi nikakav rizik za nesreće koje bi mogle dovesti do oštećenja ili gubitka postrojenja
- Počinju jamstveni rokovi i rokovi zastare.
- Dobavljač postrojenja mora podnijeti završno izvješće u određenom vremenskom razdoblju.

Rizik se ne prenosi na klijenta dok se prihvaćanje ne dogodi bez nedostataka. Od trenutka prihvaćanja počinje jamstveni rok za cijelu izvedbu. Samo za samostalne dijelove izvedbe prijenos rizika započinje djelomičnim prihvaćanjem.

Zadaci projektanta tijekom primopredaje klijentu

Projektant mora dovršiti sljedeće zadatke prilikom predaje cijelog objekta klijentu:

- Dokumentacija sustava u skladu sa Smjernicama D.5 u cijelosti se predaje vlasniku zgrade.
- Koncept operativne optimizacije prema Q-Smjernicama D.6 podnosi se vlasniku zgrade.

4. dio - Rad i upravljanje

16 Operativna optimizacija nakon puštanja u pogon

16.1 Razlozi i ciljevi

Nakon uspješno završenog puštanja u rad i prihvaćanja (vidi poglavlje 15.), sustav, i novoizgrađen i proširenje sustava, redovito radi i postaje odgovornost vlasnika. Iskustvo pokazuje da se u većini slučajeva optimalan rad postrojenja još uvijek ne može postići složenim postrojenjima za biomasu DH i toplanama, čak i ako su postrojenja pravilno planirana i izgrađena, a puštanje u rad s probnim radom provedeno je profesionalno.

Razlozi za to uključuju:

- Nesigurnost planiranja zbog raspona fluktuacije u izračunu potražnje za toplinom
- Puštanje u rad i probni rad ne mogu predstavljati sve uvjete opterećenja i radne uvjete koji se javljaju tijekom cijele godine rada
- Nedostatak operativnog iskustva u pogledu ponašanja i dinamike kontrole postrojenja
- Promjena asortimana goriva i fluktuacije kvalitete (npr. sadržaj vode)

Osim toga, često je potrebno nekoliko godina dok se ne postigne konačna razina ekspanzije mreže grijanja, što je bila osnova za planiranje i dimenzioniranje proizvodnje topline. Ako se stupanj ekspanzije u vrijeme operativne optimizacije značajno razlikuje od konačnog širenja, to treba učiniti analogno i koliko je to moguće prema ovdje opisanom postupku. Zbog dinamičnog razvoja grijaće mreže tijekom niza godina, još je važnije uspostaviti kontinuirano praćenje sustava i kontinuiranu optimizaciju te periodično ponavljati detaljno praćenje sustava u skladu sa statusom ekspanzije.

Ako tijekom cijele godine postoje relativno stalni radni uvjeti s obzirom na trend opterećenja, kvalitetu goriva i druge čimbenike, optimizacija rada može se skratiti i provesti tijekom puštanja u pogon i probnog rada. Međutim, trebalo bi osigurati da se mogu pokriti naknadni zahtjevi operativne optimizacije. To bi mogao biti slučaj, na primjer, s toplanom za biomasu za opskrbu procesnom toplinom i podređenim udjelom opterećenja ovisnog o vremenu.

Tijekom puštanja u rad i probnog rada napravljena je osnovna postavka sustava i kontrole koja omogućuje stabilan i automatski rad. Međutim, sustav kontrole posebno se mora dodatno optimizirati na temelju početnog radnog iskustva. Cilj ove (početne) optimizacije rada je postizanje rada u skladu s planiranjem prema funkcionalnom opisu s maksimalnom učinkovitošću, niskim emisijama i stabilnim radnim parametrima kao što su temperature protoka. To uključuje i najnježniji mogući način rada kako bi se postigao najduži mogući vijek trajanja (razdoblje rada između čišćenja) i izbjegli kvarovi, na primjer, zbog stvaranja troske, prekoračenja ili pada ispod dopuštenih radnih granica itd. Sveobuhvatna operativna optimizacija

dovodi do niskih operativnih troškova, niskog utjecaja na okoliš i dugog vijeka trajanja postrojenja.

Operativna optimizacija zahtijeva sustavnu procjenu i pregled postojećeg rada postrojenja na temelju potpunih i pouzdanih podataka o mjerenju, kao i usporedbu operativnih podataka i ključnih osoba sa specifikacijama funkcionalnog opisa kako bi se odgovorilo na sljedeća pitanja:

- Funkcionira li sustav kako je predviđeno u svim radnim stanjima?
- Treba li kontrolne parametre još prilagoditi?
- Gdje još uvijek postoje nedostaci ili otvorena pitanja?
- Kada i kako se mogu otkloniti postojeći nedostaci?
- Poštuju li se jamstvene vrijednosti, koje se mogu procijeniti samo u dugotrajnom radu (potrošnja energije, razdoblje rada između čišćenja itd.)?

Operativna optimizacija s QM-om za postrojenja na biomasu

Osim profesionalnog i savjesnog planiranja, stalna operativna optimizacija važan je temelj za uspješan dugoročni rad postrojenja. Budući da je to u prošlosti često bilo zanemareno, operativna optimizacija obvezna je u okviru programa za ispitivanje vrijednosti za postrojenja za biomasu DH (vidi poglavlje 2).

Zahtjevi, odgovornosti i postupci objašnjeni u poglavljima 0 do 16.4 u osnovi odgovaraju specifikacijama iz smjernica za pitanja [15]. QM for Biomass DH Plants nudi sljedeće dokumente i alate:

- Funkcionalni opisi standardnih hidrauličkih shema [62] i [71]
- Popisi mjernih točaka
- Opis snimke podataka
- Unaprijed definirane ključne brojke
- Koncept operativne optimizacije - vidjeti dodatni dokument 424 u smjernicama za pitanja [15]
- Najčešća pitanja 8.: Kako bi se trebala provesti procjena i prikaz podataka u operativnoj optimizaciji?

Ovdje prikazana operativna optimizacija smatra se minimalnim zahtjevom i može se provesti mnogo detaljnije i/ili proširiti na druge biljne komponente prema potrebi.

Uz pažljivo operativno upravljanje, potrebno je kontinuirano dokumentirati mjere prikupljanja, praćenja i optimizacije podataka koje proizlaze iz toga. Time se stvara baza podataka i znanja koja je od velike vrijednosti za kasnije širenje, obnovu i modernizaciju postrojenja (vidi poglavlje 18).

16.2 Zahtjevi i odgovornosti

Ovisno o veličini sustava, osnovna operativna optimizacija provodi se u prvoj do dvije godine nakon prihvatanja sustava. U slučaju sustava centraliziranog grijanja za tu bi se operativnu optimizaciju trebala upotrijebiti najmanje jedna puna godina rada ili jedno puno razdoblje grijanja.

Tijekom planiranja mora se stvoriti sveobuhvatan funkcionalni opis. To je, između ostalog, osnova za detaljno planiranje i izvođenje, posebno hidrauličko povezivanje i upravljanje, ali i temeljno nužan preduvjet za uspješnu operativnu optimizaciju. Za operativnu optimizaciju potrebni su sljedeći dokumenti:

- Kompletan i završni hidraulički dijagram
- Detaljan opis funkcioniranja sustava za sve relevantne operativne države, uključujući opis kontrole
- Potpuni popis mjernih točaka koji sadrži položaj i raspon mjerenja, vremensku razlučivost i točnost mjerenja za svaku mjernu točku
- Opis automatskog bilježenja podataka s dokumentacijom osnovnog načela, strukture podataka ili datoteke, kao i mjesta i trajanja pohrane podataka.
- Popis dogovorenih i zajamčenih ključnih podataka za pružanje dokaza o optimalnom radu
- Dokumentacija i listovi podataka glavnih komponenti sustava

Osim toga, moraju se definirati jasne odgovornosti za pripremu i provedbu rada na optimizaciji i nužno uključiti u dodjelu glavnog planera i, ako je primjenjivo, drugih odgovornih agenata (npr. proizvodnih ili kontrolnih inženjerskih poduzeća). Raspodjela glavne odgovornosti za tražene aktivnosti preporučuje se na sljedeći način, ali se također može odabrati drugačije ovisno o situaciji:

- Planiranje i specifikacija bilježenja podataka od strane projektanta
- Praćenje automatskog bilježenja podataka od strane operativnog osoblja
- Provedba dopunskih ručnih evidencija od strane operativnog osoblja
- Čitanje i pružanje izmjerenih podataka od strane operativnog osoblja postrojenja, kao i kontrolnih inženjerskih tvrtki ili proizvođača
- Evaluacija, izračun ključnih brojki i procjena podataka od strane planera.

Aktivnosti optimizacije trebale bi se provoditi u bliskoj koordinaciji s operativnim osobljem i proizvođačima postrojenja.

Odgovornosti i zahtjevi u pogledu prikupljanja podataka i provedbe operativne optimizacije trebali bi se sažeti u koncept operativne optimizacije (vidi dodatni dokument 424. u smjernicama za pitanja [15].

Kako bi se uspješna operativna optimizacija odvijala zajedno s proizvođačima, u ugovorima o servisiranju moraju se predvidjeti odgovarajuća financijska jamstva (rabati za obvezu) za jamstveno razdoblje. U suprotnom,

ne može se jamčiti da će svi proizvođači ciljano sudjelovati u operativnoj optimizaciji.

16.3 Obrada i procjena podataka

Sveobuhvatna mjerna oprema toplane i mreže grijanja te odgovarajuća tehnologija kontrole za prijenos, pohranu i vizualizaciju izmjerenih radnih podataka važna su potpora za tekuće operativno upravljanje i ključna osnova za provedbu operativne optimizacije.

Tijekom praćenja operativni podaci se obrađuju i procjenjuju. U tu svrhu glavne **godišnje vrijednosti** za poslovnu godinu koje se razmatraju i ključne brojke dobivene od njih određuju se u skladu s Tablica Pogreška! **U dokumentu nema teksta navedenog stila..38.** To omogućuje brzi pregled rada postrojenja i omogućuje usporedbu određenih ključnih figura s vrijednostima planiranja.

Osim toga, potrebni su **detaljni operativni podaci** visoke vremenske razlučivosti (npr. vrijednosti od 5 minuta), koji se moraju dostaviti uz pomoć odgovarajuće opreme mjernog postrojenja i prikupljanja podataka (poglavlje 5.10.). Oni se ocjenjuju za odabrana **operativna stanja** i vremenska razdoblja. U tu svrhu definirana su sljedeća operativna stanja u skladu s QM-om za postrojenja za biomasu DH:

- **Malo opterećenje** u blizini ograničenja grijanja u prijelaznom razdoblju ili ljeti
- **Glavno opterećenje** kao raspon opterećenja u kojem se odvija većina proizvodnje topline. Na primjer, dnevna prosječna vanjska temperatura je u rasponu od 0 do 10 °C. U sustavima s više kotlova kaskadni rad računa se kao glavno opterećenje, ali i kao veliko opterećenje.
- **Veliko opterećenje** u vrlo hladnom vremenu, na primjer kada je dnevna prosječna vanjska temperatura ispod 0 °C. Kaskadni rad u više kotlovskim sustavima i rad vršnog opterećenja s bivalentnim kotlovima također se računaju kao veliko opterećenje.
- **Izvanredno opterećenje i radni uvjeti**

Odabir radnih stanja mora se prilagoditi u skladu s tim ovisno o konfiguraciji sustava ili standardnom krugu ([62] ili [71]) i drugim utjecajnim čimbenicima, na primjer ako nema ljetnog rada.

Da bi se ti detaljni podaci mogli tumačiti i ocjenjivati, grafički prikaz podataka ključan je i mora ispunjavati sljedeće zahtjeve:

- Prikaz reprezentativne tjedne povijesti za svako definirano operativno stanje
- Prikaz dnevnog tijeka odabranih dana
- Najvažnije podatke mora biti moguće prikazati zajedno u jednom slajdu.
- Dijagrami moraju biti jednostavni za čitanje i imati oznake osi i legende kako bi se numeričke vrijednosti mogle lako čitati.

- Stvaranje i prezentacija, na primjer Excelove datoteke, podržavaju analizu i interpretaciju podataka.

Detaljni zahtjevi u pogledu mjernih točaka koje treba ocijeniti i kriterija za evaluaciju navedeni su u Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..39 . i Tablica Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..40 . One također sadrže preporuke o tome kako se pojedinačni parametri mogu grupirati u smislene dnevne i tjedne dijagrame napretka.

Ako je potrebno, prikaz dijagrama može se prilagoditi odgovarajućim pitanjima koja treba procijeniti.

Neki kontrolni sustavi ili vizualizacije postrojenja nude sveobuhvatne mogućnosti za stvaranje i izvoz dijagrama vremenskog okvira specifičnih za korisnika, koji se zatim mogu izravno koristiti za procjenu i operativnu optimizaciju.

Više detalja i primjera možete pronaći u često postavljanim pitanjima 8 QM Holzheizwerke.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..381** Tražene godišnje vrijednosti i ključne brojke proizašle iz njih.

	Parametar	Jedinica	Procjena
Za sve kotlove na biomasu	Godišnja proizvodnja topline	MWh/a	Broj radnih sati punog opterećenja
	Nazivna proizvodnja kotla	Kw	Mjerna vrijednost - Standardna hidraulička shema
	Ukupan broj radnih sati	h/a	Broj novoosnovanih poduzeća godišnje
	30 – 50 %	h/a	
	50 - 75 %	h/a	
	75 – 100 %	h/a	
	Stand-by	h/a	
	Paljenje/pokretanje	h/a / n	
	Kotao na biomasu na potrošnju električne energije	kWh/a	Specifična potražnja za električnom energijom
Kondenzacija dimnih plinova	Godišnja proizvodnja topline	MWh/a	Broj radnih sati punog opterećenja
	Nazivna toplinska snaga	Kw	Udio kondenzacije u godišnjoj proizvodnji topline kotlova na biomasu
	Ukupan broj radnih sati	h/a	
	Potreba za električnom energijom kondenzacija dimnih plinova	MWh/a	Specifična potražnja za električnom energijom
	Potrošnja vode	l/a	Specifična potrošnja vode
Taloženje prašine (elektrostatički talog/filtar tkanine)	Ukupan broj radnih sati	h/a	Raspoloživost
	Filtar radnih sati aktivan	h/a	
	Zaobilaženje radnih sati	h/a	
	Dostupnost prema često postavljanim pitanjima 38	h/a	
	Radno vrijeme paljenja	h/a	
	Povezani radni sati oborina ON (uključeno)	h/a	
Za sve bivalentne kotlove i druge izvore topline	Godišnja proizvodnja topline	MWh/a	Broj radnih sati punog opterećenja
	Nazivna toplinska snaga	Kw	Udio u godišnjoj proizvodnji
	Ukupan broj radnih sati	h/a	
	Bivalentni kotao za potražnju za električnom energijom /ostalo	MWh/a	Posebna potražnja za električnom energijom
Mreža grijanja	Godišnja potražnja za toplinom iz kontrolnog centra	MWh/a	Gubici u distribuciji topline
	Godišnji potrošači toplinske potražnje	MWh/a	ΔT godišnja srednja vrijednost
	Količina vode	m³/a	Gubitak pohrane/središnje
	Toplinska pumpa za potrebe električne energije	MWh/a	Specifična potražnja za električnom energijom
Potrošnja goriva i pomoćna energija	Drvena sječka, kora, strugotine itd. peleti	kg/a (m³/a) m³/a	Godišnja učinkovitost postrojenja
	Nafta ili plin		Godišnja učinkovitost kotla na pelete
			Godišnja učinkovitost bivalentnog bojlera
	Toplinska pumpa za potrebe električne energije		Godišnja COP toplinska pumpa
	Ukupna potražnja za električnom energijom u sustavu		Specifična potražnja za električnom energijom cijelog postrojenja

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..392** Dijagrami, mjerne točke i kriteriji ocjenjivanja - tjedni tečaj.

Dijagram	Parametar	Jedinica	Procjena
Tjedni trendovi	Izlazni kotao na biomasu 1	Kw	Relevantni odabir dnevno
	Izlazni kotao na biomasu 2	Kw	Broj novoosnovanih poduzeća po danu/tjednu
	Izlazni bivalentni kotao	Kw	Uključivanje/isključivanje bivalentnog kotla
	Mrežni toplinski kapacitet Stvarni	Kw	Interakcija s drugim izvorima topline
	Stanje punjenja spremnika	%	
	Vanjska temperatura	°C	

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..403** Dijagrami, mjerne točke i kriteriji procjene - dnevni ciklus

Dijagram	Parametar	Jedinica	Procjena
Pregled	Vanjska temperatura	°C	Stanje operacije
	Stanje punjenja spremnika Stvarno	%	Kontrola stanja napunjenosti spremnika
	Stanje punjenja spremnika Ciljano	%	Uključivanje/isključivanje bivalentnog kotla
	Izlazni kotao na biomasu 1	Kw	Interakcija s drugim izvorima topline
	Izlazni kotao na biomasu 2	Kw	
	Izlazni bivalentni kotao	Kw	
	Toplinska snaga drugih izvora topline	Kw	
Za svaki kotao na biomasu	Temperatura izlaza kotla	°C	ΔT pri nazivnoj izlaznoj snazi
	Temperatura ulaza u kotao	°C	
	Izlazni kotao na biomasu 1	Kw	Minimalna snaga
	Izlazni kotao na biomasu 2	kW, %	Toplinska proizvodnja pokriva potražnju bez oscilacija; snaga kotla na najnižoj mogućoj razini
	Sadržaj preostalog kisika / Lambda	% / -	Učinkovitost izgaranja
	Temperatura ispušnih plinova	°C	Kontrola izlazne temperature kotla
			Broj paljenja po danu
			Usklađenost sa stanjem laganog opterećenja
Za sve ostale izvore topline (osim bivalentnih kotlova)	Toplinski učinak - Stvarni	Kw	Minimalna dnevna proizvodnja topline
	Toplinski učinak – Postavljena vrijednost	Kw	Ljetni rad i promjena kotlova na biomasu u jesen/proljeće
	Ulazna temperatura	°C	
	Izlazna temperatura	°C	
	Ostali specifični parametri (ovisno o vrsti izvora topline)		Specifične ključne brojke ovisno o vrsti izvora topline
			Broj paljenja po danu
Dodatni dijagram	Temperatura mrežnog protoka - Stvarna	°C	Temperaturna razlika u mreži grijanja
	Stvarna temperatura mrežnog povrata	°C	Veličina vršnih opterećenja grijače mreže
	Mrežni toplinski kapacitet - Stvarni	Kw	Bivalentni kotao radi samo kada je to potrebno
	Omogućavanje bivalentnih signala ili drugih generatora topline	kW, %	Proizvodnja kotla na biomasu ostaje maksimalna pri radu bivalentnog kotla
	Glavni protok prije/poslije spremnika	°C	Planirani slijed korištenja drugih izvora topline
	Glavni povrat spremnika prije/poslije	°C	Nazivna toplinska snaga
			Minimalna izlazna toplina
			ΔT pri nazivnoj toplinskoj proizvodnji
			Kontrola izlazne temperature kotla
			Toplinska proizvodnja pokriva potražnju bez oscilacija
Spremnik	Svi senzori temperature spremnika	°C	Snaga kotla na najnižoj mogućoj razini
	Stanje punjenja spremnika	%	Kontrola izlazne temperature kotla
Potrebni dodatni parametri: - Dnevna srednja vrijednost [°C] za odabrani dan			

-
- Dnevna proizvodnja topline [kWh/d] za svaki generator topline
 - Minimalno stanje opterećenja [kW ili % nazivnog opterećenja] za svaki kotao na biomasu ili druge generatore topline
-

16.4 Implementacija

Nakon što su svi operativni podaci pripremljeni, stvarna analiza i procjena mogu se provesti na toj osnovi, a stvarni rad postrojenja može se usporediti s funkcionalnošću postrojenja definiranom prema planiranju (ciljna operacija). To je zadatak glavnog projektanta. Tijekom ove završne inspekcije moraju dokumentirati funkcionira li sustav kako je predviđeno. Kao osnova za to moraju se koristiti svi prethodno navedeni dokumenti, operativni podaci, ključne brojke i dijagrami, kao i Tablica Pogreška! U **dokumentu nema teksta navedenog stila**. 38. tablice 16.1. do Tablica Pogreška! U **dokumentu nema teksta navedenog stila**. 40. Nadalje, preporučuje se u procjenu uključiti sve dodatne informacije, kao što su ponavljajuća mjerenja emisija, operativni zapisi/zapisi o incidentima, operativno iskustvo operativnog osoblja i obilazak postrojenja.

Pri provedbi operativne optimizacije potrebno je, među ostalim, odgovoriti na sljedeća pitanja:

- Jesu li postojeći mjerni podaci potpuni i vjerojatni ili bi moglo doći do pogrešaka u mjerenju?
- Jesu li planirane vrijednosti jednake stvarnim vrijednostima toplinske potražnje cijelog sustava i pojedinačnih povezanih kupaca tijekom analize kupaca (osnova je Excel alat za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava)? U slučaju većih odstupanja, detaljna analiza trebala bi pokazati postoji li sustavna pogreška ili drugi razlozi.
- Osigurava li kotao na biomasu ugovorom ugovorenu nominalnu proizvodnju (konstantnu i bez oscilacija)?
- Pruža li kotao na biomasu ugovorno dogovorenu minimalnu snagu bez prekida dovoda zraka za izgaranje?
- Odgovara li učinkovitost postrojenja (godišnja učinkovitost toplinske proizvodnje i mreže grijanja) planiranim ciljnim vrijednostima?
- Funkcionira li izlazna kontrola u radu s djelomičnom opterećenjem tako da kotlovi na biomasu rade/uvijek rade na najnižoj mogućoj razini tako da kotlovi na biomasu mogu pratiti tijek izlazne potražnje postupno i bez oscilacija?
- Jesu li kotlovi na naftu ili plin, ako postoje, aktivirani samo kada je to apsolutno potrebno? Jesu li oni ponovno deaktivirani čim se potrebna proizvodnja može pokriti kotlom na biomasu? Odgovaraju li točke prijelaza (točke bivalencije) planiranoj pretpostavci (Excel alat za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava)?
- Je li ljetni rad moguć s (malim) kotlom na biomasu i kada bi se prebacivanje s malog na veliki kotao na biomasu ili obrnuto trebalo obaviti u jesen/proljeće?
- Funkcioniraju li sve kontrole punjenja za skladištenje topline u skladu sa specifikacijama u funkcionalnom opisu i je li rad kotlova na biomasu ujednačen?
- Održava li se temperaturno raslojavanje u spremniku tijekom punjenja i pražnjenja te je li postignuta predviđena upotrebljiva temperaturna razlika?
- Izbjegavaju li se česta novoosnovana i isključivanja?
- Javlja li se radni uvjeti koji dovode do neugodnosti s mirisom i visokih emisija?
- Radi li sustav s navedenim vrijednostima preostalog kisika i temperaturama dimnih plinova?
- Mogu li se sva navedena goriva koristiti bez problema?
- Je li izgaranje pepela završeno i ima li problema s šljakanjem?
- Odgovaraju li izmjerene temperature vrijednostima planiranja i je li ponašanje tijekom vremena stabilno?
- Slijedi li glavna temperatura protoka mreže grijanja planiranu strategiju upravljanja (npr. ovisno o vanjskoj temperaturi)?
- Odgovara li glavna povratna temperatura očekivanim vrijednostima? Ako postoji potencijal za optimizaciju (u tu svrhu može se provesti analiza kupaca u skladu s Priručnikom o planiranju mreža centraliziranog grijanja [19]).
- Je li dostupnost elektrostatičkog taloga, ako postoji, u skladu sa specifikacijama ili jamstvenim vrijednostima? (vidjeti najčešća pitanja 38)
- Odgovara li specifična potrošnja energije planiranim vrijednostima ili specifikacijama proizvođača?
- Je li postignuto zajamčeno razdoblje rada između ručnog čišćenja kotla?
- Jesu li servisni intervali kraći od dogovorenih?
- Postoji li sve veći broj kvarova u pojedinim komponentama postrojenja?
- Dolazi li do povećanog trošenja u komponentama sustava (npr. od šamota u peći, elemenata rešetke)?

Ako se tom procjenom otkriju nedostaci u funkcioniranju i radu komponenti postrojenja, potrebno je definirati odgovarajuće mjere optimizacije. U pravilu se to posebno odnosi na postupnu prilagodbu kontrolnih parametara uz istodobno promatranje učinaka.

Prilikom prilagođavanja kontrolnih parametara, razmislite o prilagođavanju samo jednog po jednog parametra i ostavite dovoljno vremena za promatranje učinaka. Ovisno o prilagodbi parametara, sustav za izgaranje biomase reagira vrlo sporo i za taj proces treba osigurati određeno vrijeme (sate ili dane). Sva podešavanja moraju biti detaljno dokumentirana u operacijskom zapisniku. Dokumentacija se mora obaviti tako da sve strane uključene u projekt kasnije mogu vidjeti i razumjeti sve promjene.

Ako je potrebno, treba konzultirati stručnjake i proizvođače sustava kontrole. Bruto nedostatke treba odmah u pisanom obliku priopćiti proizvođačima tijekom jamstva. Ako se tijekom operativne optimizacije otkriju sigurnosni nedostaci bilo koje vrste, nadležne osobe (uključujući projektante) dužne su obavijestiti osobe odgovorne za sustave i trebale bi odmah u pisanom obliku priopćiti nedostatke.

Odgovorno operativno osoblje trebalo bi biti uključeno u procjenu i optimizaciju što je više moguće. Cilj operativne optimizacije je i uspostava praćenja postrojenja tijekom rada i kontinuirana operativna optimizacija.

17 Rad i održavanje

17.1 Poslovna organizacija

Postrojenje na biomasu s mrežom grijanja tvrtka je kao i svaka druga. U skladu s tim primjenjuju se isti zahtjevi u pogledu profesionalnog upravnog i trgovačkog upravljanja.

Izvršni odbor odgovoran je za sljedeće zadaće u administrativnom i komercijalnom području:

- Pojašnjenje najvažnijih propisa, smjernica i zakona operativnom osoblju
- Informiranje operativnog osoblja o odredbama ugovora o opskrbi toplinskom energijom i ugovoru o opskrbi gorivom koje su im važne.
- Sklapanje zakonski usklađenih ugovora (ugovor o opskrbi gorivom, ugovori o opskrbi toplinskom energijom itd.)
- Bilježenje i provedba potencijala optimizacije u sljedećim područjima:
 - Kupnja goriva i električne energije (udruživanje električne energije)
 - Osiguranja
 - Raspoređivanje osoblja / zakup osoblja
 - Logistika goriva s ciljem smanjenja rukovanja gorivom i korištenja vozila (eventualno iznajmljivanje resursa kao što su utovarivači ili njihovo korištenje u sinergiji, npr. s općinom).
- Suradnja s udrugama operatera i/ili drugim toplanama (npr. nabava spremnika, zajednička nabava rezervnih dijelova)
- Profesionalna služba za korisnike (komunikacija s kupcima, informacije, usluga, telefonska linija itd.).)

Za uspješnu tehničku operaciju moraju se poštivati sljedeće napomene o operativnoj organizaciji.

Uredno djelovanje zahtijeva operativnu organizaciju s popisom uključenih osoba i njihovim odgovornostima i ovlastima. Potpuna, ažurirana dokumentacija sustava u skladu s Q-smjernicom QM za centralizirane toplinske sustave na biomasu "Dokumentacija sustava E.5 Q-Zahtjevi" [15] čini osnovu s kojom operativno osoblje može upravljati i održavati toplanu biomase s mrežom grijanja s trenutnim podacima o sustavu u bilo kojem trenutku.

Svi primjenjivi zakoni i direktive, kao i posebno zahtjevi u skladu s dozvolom operativnog postrojenja, moraju biti uključeni u tekući rad postrojenja. To se, među ostalim, odnosi na sljedeća područja:

- Prevencija požara
- Zaštita na radu/ zaštitna oprema
- Sprječavanje eksplozije
- Ponavljajuće inspekcije

Potrebno je izraditi planove za hitne slučajeve za sljedeće scenarije:

- Dovod topline u nuždi (vanjski rezervni priključak kotla)/jamčenje opskrbe topline u slučaju potpunog kvara proizvodnje
- Dobivanje mobilnog sustava za opskrbu toplinskom energijom u nuždi što je prije moguće
- Postupak u slučaju zamračenja i ispitivanja potrebe za hitnim napajanjem.
- Postupak u slučaju ograničene dostupnosti centralnom toplani (npr. zimi, planinskoj regiji) u pogledu opskrbe gorivom, operativnih resursa i osoblja.
- Koji bitni rezervni dijelovi moraju biti dostupni na licu mjesta kako bi se izbjegli dulji prekidi rada?

17.2 Tehnički rad

Najvažniji preduvjeti za pravilan rad toplane biomase su:

- Korištenje asortimana biomase koji su prikladni za kotlovski sustav biomase i za koje je reguliran. Kvaliteta goriva mora odgovarati definiciji goriva u skladu s ugovorom o pružanju usluga s dobavljačem postrojenja.
- Redovito praćenje radnih podataka kao što su temperatura dimnih plinova, višak zraka, brzina ventilatora dimnih plinova, radno vrijeme itd.
- Redoviti pregled postrojenja tako da se, na primjer, u ranoj fazi mogu otkriti hidraulička crijeva koja propuštaju ili se iz goriva mogu ukloniti prevelike čestice goriva.
- Redovito održavanje sustava prema uputama proizvođača
- Detaljne specifikacije radnog mjesta za operativno osoblje s opisom posla, odgovornostima i odobrenjem za pojedina područja zadataka

Postupak u slučaju kvarova opisan je u priručniku za uporabu proizvođača. Operativno osoblje mora biti posebno spremno za velike kvarove (zamračenje, kvar kotla na biomasu, prekid opskrbe gorivom,...) kako bi mogli brzo reagirati u hitnim slučajevima. Uz razumijevanje kvarova i znanje o tome kako ih ispraviti, mnoge komplikacije mogu se unaprijed spriječiti.

17.3 Održavanje

17.3.1 Općenito

Održavanje uključuje servisiranje, inspekciju (nadzor), popravak (održavanje) i poboljšanje tehnologije postrojenja.

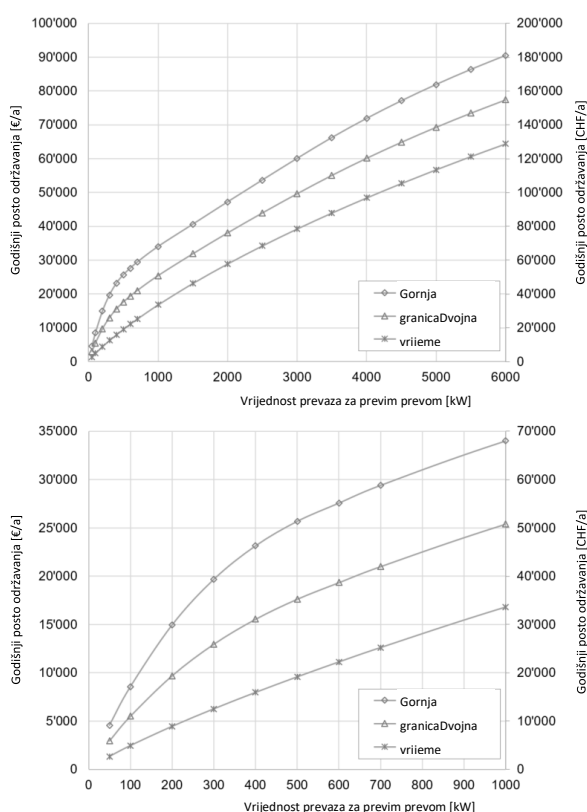
Ciljevi održavanja su jednostavan, ekonomičan, bez problema, optimalan i ekološki prihvatljiv rad, visoka godišnja stopa iskorištenosti i očuvanje vrijednosti sustava i njegovih komponenti.

Vođenje operativnog dnevnika omogućuje praćenje kronološkog tijeka najvažnijih koraka održavanja u bilo kojem trenutku. To je osnova za koordinaciju i planiranje potrebnih mjera održavanja. Održavanje temeljeno na uvjetima i prediktivno održavanje uključuje, između ostalog, mjerenje debljine stijenke i istrošenosti na kritičnim točkama (npr. kotlovske cijevi, šamotne cijevi,

elementi rešetke, jedinice za isporuku, crpke, ventilatori), kao i pregled uređaja za upozoravanje i sigurnost propuštanja, održavanje tlaka i redovite provjere srednje kvalitete prijenosa topline. To može povećati vijek trajanja sustava i dugoročno smanjiti troškove popravka i održavanja.

Na ekonomsku održivost rada toplane na biomasu snažno utječu troškovi održavanja i već se moraju uzeti u obzir u fazi planiranja (vidi i poglavlje 3).

Udio održavanja često se odnosi na troškove ulaganja. Na Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..160 . troškovi održavanja iznose 4 % troškova ulaganja u proizvodnju topline. Više informacija možete pronaći u poglavlju **Pogreška! Izvor reference nije pronađen..**



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..160** Godišnji izdaci za održavanje ovisno o ukupnoj potražnji za toplinskim kapacitetom sustava (empirijska vrijednost = 4 % troškova ulaganja na temelju [123]; iznad ... ukupni raspon, ispod ... odjeljak s detaljima za mali raspon snage).

17.3.2 Servisiranje i inspekcija

Servisiranje i inspekcija uključuju operativno praćenje kao što su provjera dostupnosti separatora čestica, ispravljanje kvarova, servisiranje kao što su čišćenje ili podmazivanje, redovite funkcionalne provjere komponenti sustava i periodično servisiranje od strane proizvođača pojedinih komponenti sustava. U tu svrhu

služi ugovor o servisiranju kotlovskog sustava biomase ili separatora čestica, kao i periodično čišćenje bojlera i sustava dimnjaka od strane dimnjačara. Osim redovitog pregleda, moraju se provesti i dokumentirati svi zakonski propisani periodični pregledi (npr. zaštita od o glavu, oprema za dizanje, automatska vrata, vozila, oprema za zaštitu od požara i gašenje požara, rasvjeta u slučaju nužde itd.). Ako to nije dopušteno u obliku internih inspekcija, s tim se moraju naručiti odgovarajuće certificirana tijela.

Troškovi održavanja i pregleda iznose 2 % troškova ulaganja u proizvodnju toplinske energije kao smjernice i stoga čine polovicu ukupnih troškova održavanja prema Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..160. Više informacija možete pronaći u poglavlju **Pogreška! Izvor reference nije pronađen..**

Nizak rad održavanja

Kako bi se osiguralo da se sustav kotlova na biomasu može raditi uz slabo održavanje uz besprijekoran rad, napor potreban za čišćenje kotla mora se svesti na najmanju moguću mjeru.

To zahtijeva automatsko čišćenje cijevi kotla i automatsko ispuštanje pepela iz komore za izgaranje.

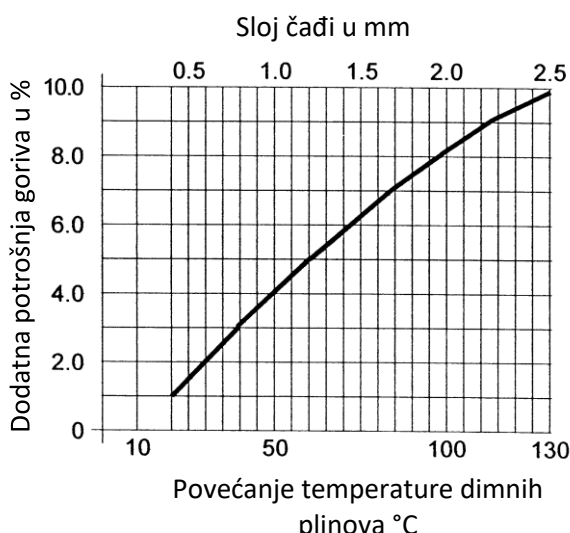
Čišćenje kotla

Pepeo i strani materijal preostali od procesa izgaranja odlažu se na sljedeća mjesta, koja operativno osoblje ili dimnjačar moraju povremeno čistiti:

- Izmjenjivač topline prolazi kroz kotao ili nizvodni izmjenjivač topline (leteći pepeo) i njihove odbojne komore
- Zona izgaranja
- Komora za izgaranje (pepeo na rešetki), okrugla retorta za izgaranje u slučaju nedovoljnog pečenja, kraj rešetke u slučaju sustava pečenja na rešetki
- Ispod rešetke (pepeo na rešetki) ili ispod retorte za izgaranje
- Operativni dokumenti dobavljača bojlera opisuju čišćenje kotla i navode koliko često je čišćenje potrebno. Interval čišćenja ovisi o gorivu, načinu izgaranja goriva na rešetki (stabilan sloj goriva bez prodora ili žarišta), načinu rada i statusu sustava.

Dobar pokazatelj stanja kontaminacije sustava je temperatura dimnih plinova, koju stoga treba redovito provjeravati. Prljave površine izmjenjivača topline pogoršavaju prijenos topline u grijaću vodu. Rezultat je povišena temperatura dimnih plinova, a time i veći gubitak dimnih plinova. Čišćenje kotla je potrebno kada temperatura dimnog plina poraste za 20 K - 30 K. U pravilu, interval je između dva i tri tjedna.

Uz automatsko čišćenje pneumatskih ili mehaničkih kotlovskih cijevi, interval između dva ručna čišćenja kotla može se povećati na puni broj radnog sata od 2.500 - 3.000 h/a ili na polugodišnji interval (vidi i poglavlje 5.5).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.** 1612 Odnos sloja čađe na izmjenjivaču topline, dodatne potrošnje goriva i povećanja temperature dimnih plinova

Dodatno čišćenje može se značajno smanjiti sljedećim automatskim komponentama sustava:

- Uklanjanje pepela ispod rešetke za prolaz kroz rešetku u sustavima izgaranja na rešetki
- Refraktorno uklanjanje pepela za sustave nedovoljnog izgaranja

Ugovor o održavanju (ugovor o servisiranju)

U ugovoru o održavanju (ugovor o servisiranju) dogovoreno je periodično održavanje biljnih komponenti od strane dobavljača postrojenja.

Periodično održavanje trebalo bi osigurati besprijekoran rad koji ne dovodi do oštećenja komponenti sustava. Tehnička funkcionalnost mora se osigurati zamjenom istrošenih dijelova.

Opseg ugovora o održavanju automatskog kotlovskog sustava na biomasu

U vremenskom intervalu od dvije godine moraju se provesti sljedeći radovi na održavanju na automatskom sustavu kotlova na biomasu (vidi i poglavlje 5):

- **Revizija:** Tijekom revizije postrojenja provjeravaju se komponente sustava na habanje i funkcionalnu učinkovitost transportnog sustava, komore za izgaranje, rešetke peći, kotla i sigurnosnih uređaja kada sustav nije u pogonu, na primjer ljeti.
- **Održavanje emisija:** Tijekom održavanja emisije provjerava se funkcionalnost sustava u radu s obzirom na kvalitetu i učinkovitost izgaranja, kontrolu, sigurnosne uređaje kao što su sprječavanje povratne vatre ili sigurnosni termostati. Možda će biti potrebno odrediti nove postavke za kontrolu izgaranja.

Dodatno daljinsko održavanje od strane proizvođača kotla važna je podrška operativnom osoblju u rješavanju problema i optimizaciji rada i uključuje sljedeće aktivnosti:

- Daljinska dijagnoza

- Kontrola
- Daljinski pristup i savjeti telefonom
- Daljinsko upravljanje

Ugovor o održavanju jamči kontinuitet ove usluge. Na taj se način kvarovi mogu smanjiti na minimum ili odmah otkloniti na daljinu. Povećana je operativna sigurnost. Dodatne informacije mogu se pronaći u 5.10. i u poglavlju 16.

Ugovorni partner

Ovisno o veličini i složenosti sustava, kao i broju glavnih izvođača, potrebno je više od jednog ugovora o održavanju sustava grijanja na biomasu. Mogući izvođači radova su:

- Proizvođač kotla na biomasu s regulacijom
- Proizvođač silosnih agregata (punjenje i pražnjenje silosa, skladište)
- Proizvođač za obradu ispušnih plinova
- Proizvođač hidrauličke integracije
- Proizvođač sustava upravljanja ili upravljanja zgradama
- Specijalizirana poduzeća neovisna o proizvodima.

Ugovor o uzdržavanju možda će se morati sklopiti sa svim gore navedenim društvima. Usluge uključene u odgovarajuće ugovore o uzdržavanju međusobno se koordiniraju.

Sadržaj ugovora

Ugovor o servisiranju trebao bi sadržavati sljedeće točke:

- Svrha
- Jasan opis usluga i rezultata (moguća su i jamstva!)
- Opis isključenja i iznimaka
- Popis satnica i naknada, kao i troškova
- Troškovi
- Valjanost i trajanje
- Poništenje
- Obnova
- Kontakt adresa i organizacija za traženje usluga u slučaju nužde
- Dužnosti operatera
- Prava poduzetnika

17.3.3 Popravak i poboljšanje

Periodična zamjena komponenti sustava kao što su obloga komore za izgaranje, rešetkasti elementi ili pumpe s istom najsuvremenijom tehnologijom nazivaju se održavanjem. Ako se, s druge strane, komponente sustava zamijene tehnologijama novijeg stanja, to odgovara poboljšanju.

Troškovi popravka i poboljšanja iznose 2 % troškova ulaganja u proizvodnju topline kao smjernice i stoga čine polovicu ukupnih troškova održavanja prema Slika

Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog

stila..160. Više informacija možete pronaći u poglavlju **Pogreška! Izvor reference nije pronađen..**

17.4 Zaštita na radu

Sigurnost operativnog osoblja na radu u osnovi se utvrđuje promatranjem i ispunjavanjem zahtjeva za pojedine zemlje za sigurnosnu opremu odgovarajućih komponenti postrojenja u pogledu sprečavanja nesreća i eksplozija uzrokovanih požarom (vidi i poglavlje 19).

Osim toga, velika pozornost mora se posvetiti higijeni na radu, jer to ima veliki utjecaj na zdravlje operativnog osoblja. Operativno osoblje toplane na biomasu izloženo je sljedećim zdravstvenim propustima i utjecajima:

- Prašina od pepela tijekom čišćenja kotla, rukovanje pepelom, radovi na održavanju dimnog plinskog sustava i sustava za uklanjanje pepela
- Drvena prašina u skladišnom prostoru za gorivo tijekom isporuke goriva, rukovanja gorivom, radova na održavanju sustava transporta goriva.
- Plijesan u skladišnom prostoru za gorivo tijekom isporuke goriva, rukovanja gorivom, radova na održavanju sustava transporta goriva.
- Buka
- Fermentacijski plinovi u skladišnom prostoru za gorivo i susjednim prostorijama
- Ugljični monoksid u skladištu peleta
- Dijelovi sustava s visokim temperaturama ili visokim temperaturnim zračenjem.

Pepeljasta prašina, drvena prašina i spore plijesni imaju sitne čestice prašine koje se mogu udahnuti i na taj način mogu narušiti funkciju pluća. Drvena prašina i spore plijesni mogu uzrokovati alergije, što može oslabiti zdravlje dotične osobe. Operativno osoblje mora poduzeti sljedeće mjere opreza:

- Nošenje zaštitne maske kada je izloženo emisijama pepeljaste prašine, drvene prašine i spora plijesni
- Upotreba zaštitne opreme ako je razina buke visoka
- Temeljito prozračivanje prije ulaska u skladišta goriva i prostorije s mogućim visokim koncentracijama fermentacijskog plina kako bi se spriječilo moguće gušenje
- U skladu sa sigurnosnim propisima iz brošure skladišta "Lagerung von Holzpellets" [67]; Pri ulasku u skladišta peleta moraju se poštovati propisi kako bi se spriječile nesreće uzrokovane koncentracijama toksičnog CO.
- Nošenje odgovarajuće zaštitne odjeće sa zaštitnim štitom pri rukovanju komponentama postrojenja ili pri radu u neposrednoj blizini komponenti postrojenja koje pokazuju visoke temperature kako bi se spriječile opekline.
- Isključivanje ili prekidanje napajanja tijekom otklanjanja poteškoća ili radova na održavanju dijelova sustava s električnim pogonima.

17.5 Osiguranje

Kako bi se osiguralo dugoročno gospodarsko funkcioniranje postrojenja za grijanje na biomasu, uvijek se moraju uvesti odgovarajuće police osiguranja. To je osobito važno jer su često ugovorne obveze opskrbe toplinskom energijom navedene u ugovorima s kupcima. Neočekivane greške i prekidi u opskrbi toplinskom energijom mogu se pojaviti u bilo kojoj toplani. Moguće je sljedeće osiguranje:

- Zgrada (tijekom faze izgradnje)
- Požar
- Požar, prekid rada
- Lom stroja
- Lom stroja, prekid rada
- Javna odgovornost
- Prirodne opasnosti

Preporučljivo je provesti preciznu procjenu rizika u suradnji sa stručnjacima.

Dodatni bodovi osiguranja su:

- Su osiguranje pomoćnih troškova u slučaju štete
- Su osiguranje troškova stručnjaka u slučaju potraživanja
- Pravna zaštita
- Cjevovodi

Preporučuje se provjeriti može li se okvirni sporazum o osiguranju za postrojenja za biomasu sklopiti sa sljedećim područjem primjene (ako već nije uključeno u druga osiguranja):

- Osiguranje zgrada (obično obvezno)
- Osiguranje sadržaja
- Osiguranje od prekida poslovanja
- Osiguranje prekida poslovanja s dodatnim troškovima
- Osiguranje od odgovornosti
- Posebno kaznenopravno osiguranje za zaštitu

Dogovori u ugovorima o osiguranju moraju se strogo poštivati. Uz sve zakonske zahtjeve (posebno ponavljajuće inspekcije i dokumentaciju - poglavlje 17.3.2), moraju se poštivati svi dodatni zahtjevi koje nameću osiguravajuća društva kako bi se zajamčilo pokriće osiguranja.

18 Optimizacija i obnova postojećih postrojenja

18.1 Objašnjenja

Nova postrojenja koja se planiraju i realiziraju u okviru QM-a za centralizirane toplinske sustave na biomasu moraju provesti **operativnu** optimizaciju opisanu u poglavlju 16 tijekom prvih godina rada. Pritom se provjerava doseže li postrojenje tehničke i ekonomske ciljne vrijednosti QM za postrojenja na biomasu u najnovijoj razvojnoj fazi mreže grijanja. Ako je postrojenje izgrađeno u skladu s tim specifikacijama i ciljnim vrijednostima, dostupni su operativni podaci potrebni za tu procjenu.

Ovo poglavlje namijenjeno je postojećim postrojenjima koja rade već nekoliko godina, bez obzira na to je li uključen QM za postrojenja na biomasu. Kako bi postojeća postrojenja ostala održiva, najvažnije komponente postrojenja proizvodnje i distribucije topline moraju se periodično preispitivati s obzirom na tehnologiju i gospodarsku učinkovitost te se mora utvrditi i iskoristiti potencijal optimizacije. Zgušnjavanje ili širenje opskrbe toplinskom energijom, najsuvremenije inovacije, novi zakonski propisi kao što su stroža ograničenja emisija ili zabrana ili smanjenje prihvaćanja fosilnih goriva, visoko trošenje i habanje komponenti sustava, gomilanje operativnih problema ili kvarova sustava ili nove vlasničke strukture mogu potaknuti detaljniji pregled (**analiza statusa quo**) sustava. To može pokazati da bi određene komponente trebalo optimizirati (**optimizacija postojećih postrojenja**) ili da se pojedinačne komponente ili čak cijelo postrojenje moraju obnoviti (**obnova postojećih postrojenja**).

U sljedećim poglavljima opisani su postupci, alati i mjere te se projektantu želi pokazati kako pružiti potporu osoblju za rad postrojenja u optimizaciji i/ili obnovi postrojenja. Polazište je uvijek analiza statusa quo u skladu s poglavljem 18.2.2, koja se treba proširiti u slučaju obnove postrojenja u skladu s poglavljem 18.3.2

18.2 Optimizacija postojećih postrojenja

18.2.1 Procedura

Za optimizaciju postojećih sustava potrebni su sljedeći koraci:

- Status quo analiza postojeće tehnologije i trenutne gospodarske situacije
- Procjena rezultata analize statusa quo, ako je moguće, usporedbom referentnih vrijednosti
- Utvrđivanje mjera optimizacije s analizom troškova i koristi, detaljna pojašnjenja u potpodacima ako je potrebno.
- Provedba mjera optimizacije i praćenje uspjeha.

Optimizaciju bi trebali provoditi stručnjaci. Kako bi se postigli ciljano orijentirani i pouzdani rezultati, potrebna

je suradnja s operativnim osobljem. Moraju pružiti potrebne informacije. Ako se otkriju sigurnosni nedostaci bilo koje vrste, dužnost je obavijestiti osobu odgovornu za sustav kako bi se odgovarajući nedostaci morali odmah priopćiti u pisanom obliku.

18.2.2 Status quo analiza tehnologije i gospodarstva

Temelj svake analize je ažurirana i sveobuhvatna baza podataka i procjena budućeg razvoja. Stoga se za analizu statusa quo moraju dobiti najopsežniji podaci i informacije navedene u nastavku.

Opće stanje postrojenja

Relevantni za procjenu postrojenja su opis općeg stanja postrojenja, status biljne tehnologije i opreme, opći opis trenutne situacije i mogući problemi, ako oni nisu detaljno obuhvaćeni u sljedećim točkama, te trenutni ili budući planovi proširenja. Obilazak postrojenja pruža pregled trenutnog stanja.

Stvaranje topline

- Opis generatora topline
- Godina izgradnje i općeg stanja, nazivni izlazi, dodatne komponente (fini separator prašine, ekonomizator itd.), Mjerenja emisija, evidencija kvarova i popravaka
- Osnovni i godišnji podaci potrebni za alat Excel za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava (vidi poglavlje 11)
- Operativni podaci potrebni u okviru operativne optimizacije (vidi poglavlje 16)
- Hidraulički dijagram, standardni krug WE, opis funkcije/kontrole
- Ispitivanje korištenja prostora, potencijala za širenje u toplani i na licu mjesta
- Provjera sigurnosnih aspekata u sustavu grijanja, uključujući skladištenje goriva (propisi za pojedine zemlje u poglavlju 19)

Gorivo i pepeo

- Logistika opskrbe gorivom i zbrinjavanja pepela
- Potreba za gorivom u radnoj godini (količina, vrsta, kvaliteta)
- Kvaliteta goriva prema ugovoru o opskrbi gorivom
- Analiza goriva i klasifikacija kvalitete goriva prema QM za postrojenja na biomasu (poglavlje 4).
- Skladišni kapaciteti bruto, bez silosa, skladišta, vanjskog skladišnog prostora
- Evidencija operativnih kvarova na području silosa i transporta goriva do sustava za loženje, kao i sustava za transport pepela

Raspodjela topline

- Mrežni plan s naznakom dimenzija cijevi i razine temperature

- Osnovni i godišnji podaci potrebni za alat Excel za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava (vidi poglavlje 11)
- Operativni podaci potrebni u okviru operativne optimizacije (vidi poglavlje 16)
- Opće stanje mreže grijanja, nadzor propuštanja, stanice za prijenos topline i kvaliteta vode
- Zapisi potrebnih količina popunjavanja zaliha
- Hidraulički dijagram tipične stanice za prijenos topline

Rad i održavanje (održavanje, inspekcija, popravak i poboljšanje)

- Potrebno je godišnje servisiranje u skladu s poglavljem 17.3.2
- Prosječno potrebno godišnje održavanje i poboljšanje u skladu s poglavljem 17.3.3

Ugovorni i pravni okvir

- Odgovorno tijelo, pravni oblik operatora postrojenja
- Ugovor o opskrbi gorivom
- Ugovor o opskrbi toplinskom energijom s propisima o tehničkom priključku i tarifnim modelom
- Služenja (npr. pravo puta)
- Ugovori za usluge koje se pružaju trećim stranama (rad sustava / podrška, naplata topline itd.)
- Zakonski propisi (granične vrijednosti emisija, zdravstveni i sigurnosni propisi i drugi u skladu s poglavljem 19)
- Organizacija rada postrojenja

Ekonomska učinkovitost

- Svi osnovni podaci za izračun profitabilnosti (vidi izračun profitabilnosti alata (poglavlje 10)
- Učinkoviti troškovi energije, rada i održavanja, kao i prihodi od naknada za priključenje i prodaje topline
- Procjena razvoja sljedećih pet do deset godina

Istraživanje radnog ponašanja proizvodnje topline i distribucije topline

Bilježenje operativnog ponašanja trebalo bi biti usmjereno na optimizaciju rada u skladu s poglavljem 16. i često postavljanim pitanjima 8. Bilježenje radnog ponašanja u velikoj mjeri ovisi o mjernoj opremi kojom su opremljeni toplana i mreža grijanja i u kojoj se formi mogu vizualizirati operativni podaci. U najboljem slučaju to se može postići praćenjem sustava operativne kontrole (vidi poglavlje 16.3.). Ako se zabilježi samo nekoliko operativnih podataka ili ih nema, procjena operativnog ponašanja mora se temeljiti na:

- Opažanja operativnog osoblja
- Ciljana opažanja odabranih dana zimi, u prijelaznom razdoblju i ljeti.
- Privremena, ciljana mjerenja odabranih dana zimi, u prijelaznom razdoblju i ljeti, na primjer dugoročnim mjerenjima u skladu s podrškom za QS Holzfeuerungen [140].

18.2.3 Procjena stanja quo analize

U nastavku su opisane različite mogućnosti kako se rezultati analize statusa quo mogu odnositi na karakteristične vrijednosti QM sustava za centralizirane toplinske sustave na biomasu.

Alat programa Excel za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava

Excel alat za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava [109] izračunava najvažnije ključne brojke postrojenja, uspoređuje ih s karakterističnim vrijednostima QM-a za postrojenja na biomasu i na taj način omogućuje grube procjene o sljedećim aspektima:

- Broj radnih sati punog opterećenja kotlova na biomasu: Koje su rezerve energije dostupne u proizvodnji topline?
- Koliki je udio biomase u godišnjoj proizvodnji topline?
- Je li volumen spremnika topline dovoljan?
- Je li rad (najmanjeg) kotla na biomasu dopušten ljeti?
- Je li gustoća priključka mreže grijanja dovoljna?
- Koliko su visoki gubici distribucije topline?
- Kolika je autonomija opskrbe skladišta goriva?
- Koliko je pouzdana opskrba toplinom u slučaju kvara najvećeg kotla na biomasu?

Operativna optimizacija u skladu s ključnom etapom MS5

Ako se prikupljanje operativnih podataka i ponašanja može provesti u skladu s poglavljem 16, najvažnije ključne osobe postrojenja mogu se stvoriti i uz pomoć Excel alata za procjenu potražnje i odgovarajući odabir sustava. Moguće su i daljnje izjave o operativnom ponašanju, kao što su:

- Odgovara li operativno ponašanje sustava funkcionalnom opisu? Gdje odstupa?
- Očekuje li se povećano trošenje sustava ili skraćeni vijek trajanja komponenti kao što su obloge komore za izgaranje, rešetkasti elementi, vijak od pepela itd.?
- Javljaju li se visoka vršna opterećenja i smanjenje opterećenja u mreži grijanja?
- Postiže li elektrostatički talog očekivanu godišnju dostupnost?
- Je li potrošnja energije sustava unutar očekivanog raspona?

Korisne savjete o tome kako provesti operativnu optimizaciju možete pronaći u često postavljanim pitanjima 8 [141].

Troškovi održavanja i servisiranja (vidi poglavlje 17)

Ako su dostupne informacije o prosječnim godišnjim troškovima održavanja i popravka, te se vrijednosti mogu usporediti s odgovarajućim dijagramima i na taj način omogućiti izjave kao što su:

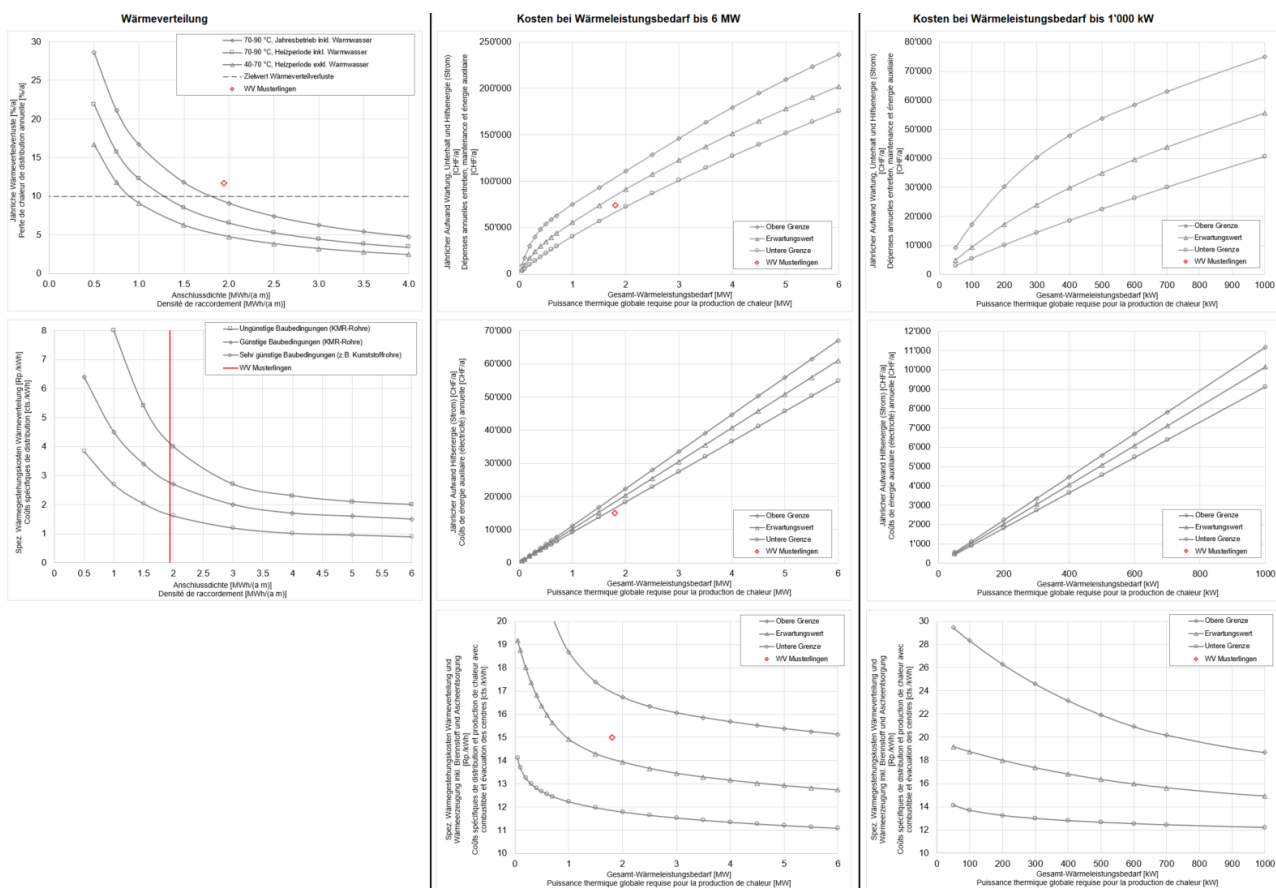
- Jesu li prosječni godišnji troškovi servisiranja unutar očekivanog raspona?
- Postoji li potencijal za smanjenje tih troškova?

- Jesu li prosječni godišnji troškovi popravka (održavanja) unutar očekivanog raspona?
- Mogu li se one smanjiti operativnom optimizacijom?

Excel alat "Erneuerung Holzenergieanlagen" (obnova postrojenja za centralno grijanje na biomasu)

U konzultantski alat "Erneuerung Holzenergieanlagen" [16] unose se najvažniji tehnički podaci sustava o proizvodnji i distribuciji topline, kao i o ekonomskoj

učinkovitosti. Alat izračunava najvažnije tehničke i ekonomske podatke i uspoređuje ih s ciljnim vrijednostima QM-a za postrojenja na biomasu. Rezultati se također prikazuju grafički, tako da se može brzo prepoznati jesu li karakteristične vrijednosti sustava unutar očekivanog raspona ili prelaze ili padaju ispod gornje ili donje granice. O rezultatima i mogućim mjerama optimizacije ili obnove raspravlja se s operatorom postrojenja.



Slika **Pogreška!** U dokumentu nema teksta navedenog stila..1621 Primjeri grafikona iz alata za savjetovanje "Erneuerung Holzenergieanlagen" [16]

Savjetovanja o toplanama od strane Q-managera u Austriji

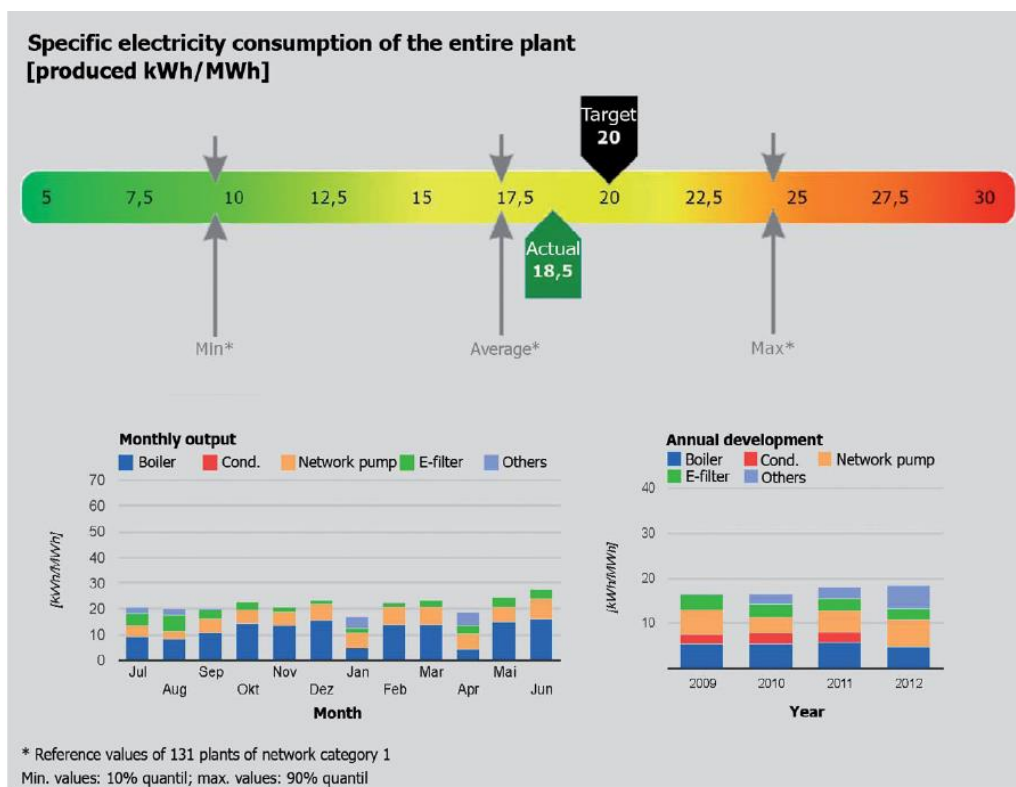
U Austriji savjetovanja o (starijim) postrojenjima za centralizirane toplinske sustave na biomasu nudi savezna vlada ili u okviru programa potpore pokrajina. Te konzultacije provode neovisni stručnjaci (Q-manageri **klimaaktiv** QM Heizwerke). Osim pregleda podataka postrojenja i relevantnih dokumenata, vještak provodi i jednodnevni pregled postrojenja. Naposljetku, podnosi se pisano izvješće s preporukama za mjere optimizacije.

Usporedba referentnih vrijednosti iz operativnih podataka u bazi podataka QM Heizwerke

U Austriji je postupak glasovanja o kvaliteti podržan bazom podataka **klimaaktiv** QM Heizwerke u kojoj se bilježe i dokumentiraju svi relevantni tehnički i gospodarski podaci o postrojenjima (vidi poglavlje 2.3.6.). To uključuje i obvezno godišnje objavljivanje

najvažnijih operativnih podataka. Na temelju toga automatski se izračunavaju i pripremaju važne ključne brojke za usporedbu s ciljnim vrijednostima i komparativnim vrijednostima drugih toplana (referentnih vrijednosti) kao informacija za operativno osoblje, projektante i voditelje istraživanja. Na slici 18.2. prikazan je primjer referentnih vrijednosti toplane za specifičnu potrošnju električne energije cijelog postrojenja.

Cilj je te usluge upravljanja programom **klimaaktiv** QM Heizwerke operativnom osoblju posebno dati pregled statusa quo postrojenja (i njegovog razvoja tijekom prethodnih godina) te ih motivirati da se bave operativnim podacima svojeg postrojenja (vidi također [142]). Uz pomoć referentnih vrijednosti moguće je identificirati potencijal optimizacije unutar odgovarajućih okvirnih uvjeta specifičnih za pojedine lokacije - ako je potrebno uz podršku stručnjaka.



Slika **Pogreška!** U dokumentu nema teksta navedenog stila.18.2 Primjer evaluacije **klimaaktiv** QM Heizwerke referentnih vrijednosti (izvor: AEE INTEC).

Analiza kvalitete toplana na biomasu

Za centralizirane toplinske sustave na biomasu u Njemačkoj, C.A.R.M.E.N. e.V. nudi operatorima takozvanu operativnu analizu ("Betriebsanalyse") [143]. Postupak se temelji na savjetovanjima o toplanama koje se provode u Austriji. Opseg analize može se pojedinačno koordinirati s potrebama operativnog osoblja.

Excel alat Izračun ekonomske profitabilnosti

Alat za izračun ekonomske profitabilnosti [144] prikazuje trenutačne gospodarske aspekte postrojenja i mogući

daljnji razvoj u dubini. Iako ne daje nikakve preporuke za optimizaciju, vrlo lako može pokazati kako će mjere/ulaganja za smanjenje troškova ili povećanje prinosa utjecati na gospodarsku učinkovitost postrojenja.

Detaljna pojašnjenja

U procjeni dokumenata i rezultatima analize statusa quo može se zaključiti da su potrebna detaljnija pojašnjenja, kao što su:

- Posjet/pregled postrojenja i tipične stanice za prijenos

- Dodatna, odabrana mjerenja za detaljnu procjenu operativnog ponašanja
- Dubinska analiza toplinske mreže pomoću alata za analizu kao što su THENA [106], Sophena [102], Prekomjerna potrošnja [145], itd.:
 - Identifikacija neispravnih stanica za prijenos topline
 - Utvrđivanje potencijala u postojećim poslovnica mreže centraliziranog grijanja za povezivanje dodatnih kupaca

18.2.4 Mjere za optimizaciju postojećih postrojenja

18.2.4.1 Mjere smanjenja troškova

U mnogim slučajevima optimizacija postojećeg postrojenja potaknuta je nedostatkom ekonomske učinkovitosti. Naglasak je u početku na mjerama koje smanjuju troškove. Mjere pokrivanja troškova uključuju:

Osigurajte usklađenu kvalitetu goriva

Korištenje jeftinih asortimana goriva niske kvalitete koji ne zadovoljavaju specifikaciju sustava loženja može dovesti do operativnih kvarova, povećanog održavanja i trošenja, kao i nedopuštenih emisija, a time i do pogoršanja ekonomske učinkovitosti sustava. Mjere:

- Analiza kvalitete goriva
- Upotreba kvalitete goriva koja je prikladna za transportni sustav i vrstu loženja
- Često ispitivanje sadržaja vode, periodično ispitivanje finoće, preko dužina i stranog sadržaja
- Dosljedno odbijanje nesukladnih goriva.

Smanjite potrošnju goriva

- Povećajte godišnju učinkovitost kotlova na biomasu:
 - Omogućite dugo radno vrijeme uz odgovarajuću kontrolu snage u kombinaciji s dovoljno dimenzioniranim spremnicima topline (ako je potrebno, naknadno opremite spremnik topline s upravljanjem punjenjem za pohranu).
 - Dobavljač sustava loženja smanjio je sadržaj preostalog kisika u dimnom plinu u svim izlaznim rasponima (optimizacija kontrole izgaranja, postavljanje zraka, cirkulacija dimnih plinova), godišnju provjeru praćenja, redovito provjeravanje mjerenja kisika (sonda O₂, sonda Lambda), provjeru propuštanja i lažnog ulaska zraka.
 - Kontinuirano pratite temperaturu dimnih plinova i smanjite je odgovarajućim, automatiziranim mjerama čišćenja kotla ili, ako je potrebno, skraćivanjem intervala čišćenja kotla.
 - Provjerite naknadnu ugradnju mjera za povećanje učinkovitosti (npr. ekonomizator, kondenzacija ispušnih plinova).
 - Provjerite zadovoljava li rad kotla na biomasu zahtjeve za rad ljeti sa suhim gorivom. Ako ne:
 - Pokrenite sustav ljeti s postojećim fosilnim kotlom koji u budućnosti radi s plinovitim ili tekućim biogorivima, ako je moguće.

- Provjerite naknadnu ugradnju manjeg kotla na biomasu za ljetni rad
- Ispitajte alternativnu, decentraliziranu opskrbu toplom vodom u kućanstvu za ljetni rad i ljeti ne koristite daljinsko grijanje.
- Smanjite gubitke mreže grijanja:
 - Kontrolirajte temperaturu protoka mreže grijanja prema vremenskim uvjetima i smanjite je na minimalnu potrebnu razinu temperature.
 - Smanjite povratnu temperaturu mreže grijanja:
 - Pronađite neispravne stanice za prijenos topline na temelju analize potrošača topline za prekomjernu potrošnju (vidi Priručnik o planiranju mreža centraliziranog grijanja [19] poglavlje 10).
 - Provjerite opremu primarne strane na stanicama za prijenos topline
 - Hidrauličko naknadna ugradnja na sekundarnoj strani
 - Provoditi propise o tehničkom priključku stanica za prijenos topline s obzirom na najveće dopuštene povratne temperature ili ih po potrebi uvesti. Ako je gustoća priključka mreže grijanja preniska, ispitajte alternativnu, decentraliziranu opskrbu toplom vodom u kućanstvu za ljetni rad i ljeti ne koristite mrežu grijanja.
 - Koristite cijevi za centralno grijanje s najvišim normama izolacije pri proširenju mreže grijanja ili zamjeni cjevovoda.

Smanjenje troškova održavanja i popravka

- Optimizirajte ručne intervale čišćenja promatranjem temperature ispušnih plinova. Korištenje pomoćnih uređaja
- Automatizirajte ručne radove čišćenja odgovarajućim naknadnim opremanjem gdje je to moguće
- Provjerite naknadnu ugradnju automatskog paljenja kotla na biomasu
- Smanjite poremećaje u sustavu transporta goriva usklađenim kvalitetama goriva. Optimalno pozicioniranje i odgovarajuće podešavanje senzora u sustavu transporta goriva
- Redoviti pregled/revizija komponenti sustava (ugovor o servisiranju za rano otkrivanje i popravak oštećenja)
- Osigurajte visoku kvalitetu vode (medij za prijenos topline) kako biste spriječili oštećenja (korozija, naslage na mjeracima topline i priključcima, pregrijavanje u području kotla).
- Osigurajte nizak i nizak rad sustava:
 - odgovarajućim postavljanjem kontrolnih parametara tako da kotao na biomasu može raditi u svakom trenutku sa stabilnim slojem goriva bez stvaranja žarišta (vulkana) ili pepela
 - naknadnim opremanjem spremnika topline s odgovarajućim upravljanjem punjenjem za skladištenje topline kako bi se postiglo dugo, kontinuirano radno vrijeme kotla s nekoliko faza pokretanja/zaustavljanja.

Smanjenje troškova potrošnje električne energije

- Cilj je visoka temperaturna razlika između protoka i povratnih temperatura mreže centraliziranog grijanja, ako je moguće, mjerama koje smanjuju povratnu temperaturu mreže centraliziranog grijanja (s primarne strane).
- Cilj je maksimalna temperaturna razlika između protoka i povrata kotla na biomasu od 15 K pri nazivnoj izlaznoj
- Primjena odgovarajuće diferencijalne kontrole tlaka kapilarnih crpki
- Primijenite odgovarajuće dimenzioniranje odgovarajuće kapilarne pumpe za zimski i ljetni rad
- Koristite energetske učinkovite pogone i agregate (ventilatore, pumpe, transportnu tehnologiju, kompresore itd.)
- Koristite kontrolu brzine za ventilatore (umjesto leptir ventila)
- Izbjegavajte nepotrebne gubitke tlaka u hidrauličkim cjevovodima i dimovodnim kanalima
- Izbjegavajte ulazak lažnog zraka u sustave za loženje, sustave za taloženje prašine i dimovodne kanale
- Izbjegavajte curenje komprimiranog zraka

18.2.4.2 Mjere za povećanje zarade

Nedostatak gospodarske učinkovitosti također zahtijeva mjere povećanja prinosa. To uključuje:

Pregled tarifnog modela

- Provjerite ugovore o opskrbi toplinskom energijom (tarifni model i tarifni dizajn) i po potrebi prilagodite:
 - Smanjite vremensku ovisnost godišnjih prinosa
 - Izvršiti usklađivanje tarifa putem odgovarajuće indeksacije

Osigurajte točnost mjerača topline

- Održavajte visoku kvalitetu vode:
 - Osigurajte da oprema za pročišćavanje vode (filtar magnetskog protoka, otplinjavanje itd.) ispravno radi. Ako je potrebno, naknadno opremite opremu u skladu s tim
 - Povremeno provjeravajte kvalitetu vode
- Provjerite ispravan položaj mjerača topline i ponovno kalibrirati mjerače topline u skladu sa zakonskim zahtjevima.

Rezerve kapaciteta slavine u proizvodnji i distribuciji toplinske energije - zgušnjavanje mreže

- Provjerite rezerve kapaciteta u mreži grijanja ili u podružnicama pomoću odgovarajućih alata za analizu mreže (npr. THENA [106] ili drugi).
- Zgušnjavanje mreže stjecanjem odgovarajućih kupaca u perimetru postojeće toplinske mreže

Širenje proizvodnje i distribucije topline - širenje mreže

- Uz pomoć prikladnih alata za analizu mreže mogu se prikazati preostale rezerve u mreži grijanja i bolje identificirati potencijalne kupce. Proširenje mreže

grijanja trebalo bi razmotriti samo ako se postignu tehnički parametri QM-a za centralizirane toplinske sustave na biomasu i ugovorom zajamčena opskrba toplinskom energijom od 60 % novog toplinskog potencijala koji treba prisvojiti.

- Osigurati da kotao ili kotlovi na biomasu dosegnu svoj nazivni kapacitet
- Proširenje kapaciteta proizvodnje topline:
 - Provjerite kapacitete za opskrbu gorivom
 - Provjerite prostorni potencijal u kotlovnici za dodatni kotao na biomasu ili zamjenu postojećeg kotla na biomasu većim kotlom na biomasu.
 - Provode se samo kada se dosegne očekivani godišnji broj radnih sati punog opterećenja postojećih kotlova na biomasu

18.2.4.3 Daljnje mjere

Ostale mjere također bi trebalo razmotriti i uključiti sljedeće:

Operativna sigurnost i zaštita opskrbe toplinskom energijom

- Analiza i uklanjanje sigurnosnih opasnosti za osobe i strojeve
- Za toplane bez kotlova na fosilna goriva osigurajte priključke za korištenje mobilnog, vanjskog sustava grijanja.
- Osnivanje operativne organizacije na takav način da je operacija zajamčena u slučaju izostanaka zbog praznika ili bolesti.

Visok udio obnovljivih izvora energije u godišnjoj proizvodnji topline

- Kotao na fosilna goriva radi samo kada je to apsolutno neophodno tijekom vršnog opterećenja i potrebno ga je isključiti kada više nije potreban.

Smanjenje emisija

- Navedene mjere pomažu u smanjenju nepoželjnih emisija u redovitom radu, kao i u prijelaznim radnim fazama kotlova na biomasu.
- Ispitati naknadnu ugradnju taloženja prašine čak i bez strožih zakonskih zahtjeva kako bi se proaktivno povećala prihvatljivost sustava za izgaranje biomase.

Komercijalne/administrativne mjere

- Redoviti pregled troškova i strukture troškova te moguće uštede troškova
- Ako je potrebno, financijska reorganizacija
- Optimizacija tarifa za električnu energiju usporedbom tarifa i zajedničke kupnje/udruživanja električne energije (npr. putem udruženja operatora). Prednost bi trebalo dati certificiranoj zelenoj električnoj energiji
- Suradnja nekoliko postrojenja u skladištenju rezervnih dijelova, zajedničkom odlaganju pepela i kupnji goriva
- Optimizacija stopa osiguranja i ostalih troškova
- Korištenje softverskih alata za pojednostavljenje naplate toplinske energije i operativnog upravljanja

18.3 Obnova postojećih postrojenja

18.3.1 Uvod

Analizom i procjenom postojećih postrojenja opisanih u poglavlju 18.2. nastoji se optimizirati postojeća postrojenja i distribucijske mreže te time poboljšati tehničko i gospodarsko stanje cjelokupnog sustava. Međutim, procjenom se također može zaključiti da pojedinačne dijelove postrojenja ili čak cijelo postrojenje treba obnoviti. U većini slučajeva to se odnosi na područje proizvodnje topline.

Sljedeći razlozi mogu dovesti do naknadne ugradnje pojedinih komponenti, djelomične ili čak potpune obnove sustava za proizvodnju topline, čak i bez prethodne analize sustava:

- Tekuće gospodarske poteškoće
- Istek očekivanog vijeka trajanja komponenti ili kotlova na biomasu
- Promjene zakonskih propisa, na primjer u pogledu graničnih vrijednosti emisija, obveze skladištenja topline, obveze pružanja dokaza o dostupnosti odvajanja prašine, ograničavanja uporabe fosilnih goriva
- Pritužbe u susjedstvu zbog buke ili smetnji u mirisu u bližem okruženju centralne toplane
- Skori istek rokova za provedbu službenih naloga, na primjer naknadna ugradnja taloženja prašine i/ili spremnika topline

Ako se postojeće postrojenje treba djelomično ili u potpunosti obnoviti, uvijek bi trebalo istražiti potencijal optimizacije prikazan u poglavlju 18.2.

18.3.2 Postupak obnove

Čak i ako se u početku razmatra samo obnova jedne komponente, potrebna je holistička analiza postrojenja od strane stručnjaka. Za obnovu postojećih postrojenja potrebno je poduzeti sljedeće korake:

- Status quo analiza postojeće tehnologije i trenutne gospodarske situacije
- Procjena rezultata analize statusa quo
- Utvrđivanje mjera obnove s analizom troškova i koristi (ako je potrebno, provesti detaljna pojašnjenja u potpodacima) i preporuku strategije obnove.
- Provedba strategije obnove i praćenje njezina uspjeha

Ako se razmatra sveobuhvatna obnova postojećeg postrojenja, postupak je u osnovi isti kao i za realizaciju nove instalacije. Zatim se mora slijediti cijeli postupak planiranja opisan u dijelu 3 Priručnika za planiranje. Općenito se preporučuje da QM sustav za toplane na biomasu prati obnovu postrojenja.

Analiza statusa quo s procjenom rezultata

U prvom koraku alat za savjetovanje "Erneuerung Holzenergieanlagen" naveden u poglavlju 18.2.3. može se upotrijebiti za utvrđivanje početnih prioriteta za

moгуće mjere obnove. U drugom koraku trebalo bi provesti detaljnu analizu statusa quo tehnologije i gospodarstva opisanu u poglavlju 18.2.2. Pri procjeni rezultata trebali bi se uzeti u obzir i sljedeći aspekti:

- **Procjena potražnje i odgovarajući odabir sustava** (vidi poglavlje 11): Osim godišnje potražnje za toplinskom energijom i potražnje za toplinskim kapacitetom postojećeg sustava, mora se uzeti u obzir srednjoročni i dugoročni razvoj potencijalnog područja opskrbe toplinskom energijom, odnosno buduće obnove toplinskih zgrada, kao i budući razvoj stanovanja, trgovine i industrije u području opskrbe toplinskom energijom. Mora se postići ravnoteža između najrealnije moguće procjene budućeg razvoja i nepotrebnih, prekomjernih rezervi.
- **Distribucija topline** (vidi poglavlje 12): Osim densifikacije u postojećoj toplinskoj mreži, potrebno je ispitati i širenje. Za to su potrebna detaljna pojašnjenja potencijala performansi postojeće mreže grijanja pomoću alata za analizu kao što su THENA [106], Sophena [102] ili drugi. Ako su u blizini postojeće mreže grijanja u funkciji druge mreže grijanja, također bi trebalo ispitati moguću vezu s tim mrežama. U slučaju visokih stopa propuštanja, puknuća cijevi ili nesigurnosti u pogledu stanja mreže grijanja i očekivanog vijeka trajanja, preporučuje se provesti dubinsku analizu mreže grijanja uz pomoć stručnjaka i specijaliziranih tvrtki.
- **Proizvodnja topline** (vidi poglavlje 13.): Analiza bi trebala uključivati sve postojeće sustave i komponente sustava grijanja, odnosno generatore topline, spremnike, hidrauliku, pumpe, logistiku goriva i pepela, I&C sustave, vizualizaciju procesa. Detaljnija pojašnjenja trebala bi pokazati,
 - u kakvom su stanju postojeći sustavi i komponente te mogu li se i dalje koristiti u srednjoročnom ili dugoročnom razdoblju.
 - mogu li se ostvariti mjere za povećanje učinkovitosti/povrata topline.
 - jesu li postojeći kapaciteti za skladištenje dovoljni ili dodatni skladišni kapaciteti donose prednost.
 - mogu li se provesti mjere za smanjenje troškova održavanja i popravka.
 - mogu li se provesti mjere za smanjenje emisija buke iz toplane na biomasu
 - mogu li se provesti mjere za izbjegavanje smetnji u mirisu (podizanje dimnjaka, optimizirani postupak izgaranja).
 - mogu li se integrirati alternativni izvori topline.
 - mogu li se modernizirati sustavi kontrole i prikupljanja podataka.
 - je li moguć postupak korak po korak i kako se opskrba toplinskom energijom može osigurati tijekom obnove postrojenja.
- **Gorivo** (vidi poglavlje 4): Potrebno je pojasniti kako će se razviti potencijal biomase dostupan u budućnosti i je li dostupna kvaliteta goriva prikladna za postojeće i/ili nove komponente.
- **Izgradnja sustava grijanja**: Mora se pojasniti kako se komponente koje se više ne koriste mogu ukloniti iz sustava grijanja i kako se mogu uvesti nove

komponente. Ako je potrebno, potrebno je poduzeti odgovarajuće strukturne mjere.

- **Gospodarska učinkovitost** (vidi poglavlje 10): U okviru analize ugovora o opskrbi toplinskom energijom trebalo bi ispitati i može li operator sustava prilagoditi tarife za toplinsku energiju.
- **Pravni aspekti:** Mora se pojasniti jesu li se promijenili pravni okvirni uvjeti (npr. ograničenja emisija, postupci odobravanja i izdavanja dozvola) i kako to utječe na moguće mjere obnove.

Prikaz strategije obnove u studiji izvedivosti

Studija izvedivosti trebala bi ocijeniti različite strategije obnove analizom troškova i koristi i uključivati sljedeće točke:

- Ukupna procjena postojećeg postrojenja
 - Potencijal postojećeg postrojenja
 - Mogućnost proširenja distribucijske mreže grijanja
 - Analiza kupaca
 - Politički, društveni razvoj
- Utvrditi mjere obnove (vidjeti poglavlje 11.2.)
- Prikazati mjere obnove za proizvodnju toplinske energije:
 - Naknadna ugradnja ili obnova sustava za taloženje čestica
 - Naknadna ugradnja spremnika, naknadna ugradnja ili poboljšanje upravljanja punjenjem za pohranu
 - Izmjena ili zamjena sustava za isporuku goriva
 - Zamjena kotlova na biomasu
 - Naknadna ugradnja postupne recirkulacije dimnih plinova (primarna/sekundarna)
 - Naknadna ugradnja povrata topline
 - Optimizirajte hidrauliku u toplani
 - Poboljšajte logistiku za uklanjanje pepela i sustav za transport pepela, uključujući skladištenje intermedijarnog pepela
 - Integrirajte nove nosače topline/izvore topline
 - Provjerite mogućnost proizvodnje energije
- Sadašnje mjere obnove za distribuciju topline:
 - Profesionalno stjecanje i briga o kupcima
 - Definicija faza proširenja
 - Smanjenje temperature povrata za naknadnu ugradnju toplinske topline
 - Koncept dugoročne obnove i modernizacije mreže grijanja. To, među ostalim, uključuje sustavnu obnovu dijelova cijevi, koordinaciju s drugim građevinskim aktivnostima (npr. obnova ceste) u području opskrbe, zamjenu izmjenjivača topline, regulatora, upravljačkih ventila ili cijele stanice za prijenos toplinske energije do krajnjih korisnika).
- Ispitati odgovarajući postupak pojedinačnih mjera obnove korak po korak
- Pokažite kako će se osigurati rad postrojenja tijekom faze obnove

- Ponuditi nove usluge (optička internetska veza, polaganje kabela u postojeću mrežu grijanja kabelskih cijevi, dodatna mreža hlađenja, proširenje usluga za kupce (optimizacija sekundarne strane ili čišćenje izmjenjivača topline, dijeljenje e-automobila itd.).)
- Davanje preporuke za zajedničku strategiju obnove

Provedba strategije obnove

Potrebno je provesti dogovorene mjere obnove te provesti reviziju uspješnosti (npr. praćenjem sa sustavom QM-om za postrojenja na biomasu).

18.3.3 Obnova nije moguća

U studiji izvedivosti može se zaključiti da se obnova ne može provesti ili se može provesti samo u vrlo teškim uvjetima zbog tehničkih ili administrativnih okvirnih uvjeta. Razlozi za to su, na primjer, nedostatak prostora u toplani ili na objektu, ugovori o zakupu koji istječu, nedostajuće ili nedostižne građevinske ili operativne dozvole, značajne promjene tehničkih ili pravnih okvirnih uvjeta. Osim toga, moguće je da se gospodarska održivost obnove ili potrebnog financiranja ne može osigurati. U takvim situacijama moraju se istražiti drugi načini kako bi se osigurao budući rad objekta.

Nova izgradnja postrojenja za proizvodnju topline

Ako obnova postojećeg postrojenja za proizvodnju toplinske energije nije moguća, treba razmotriti razgradnju i potpuno novu gradnju, bilo na istoj ili drugoj lokaciji u području postojeće mreže centraliziranog grijanja. To nudi mogućnost novog procesa planiranja bez tehničkih i gospodarskih ograničenja. To konkretno stvara mogućnost densifikacije i proširenja postojeće toplinske mreže. Projektiranje novog postrojenja za proizvodnju toplinske energije nudi mogućnost realizacije sustava s nižim operativnim troškovima i troškovima goriva jer:

- mogu se koristiti isplativiji asortimani goriva
- logistika goriva i pepela može se redefinirati
- mogu se uključiti novi nosači topline/izvori topline
- može se odabrati tehnologija grijanja i dimenzioniranje sustava koja postiže visoku godišnju učinkovitost, omogućuje niske troškove održavanja i popravka i dugoročno ima veliki potencijal širenja.

Spajanje s drugim toplanama

Također bi trebalo razmotriti mogu li se postojeći problemi riješiti spajanjem postojeće mreže grijanja s drugom mrežom grijanja u blizini umjesto obnovom/novogradnjom. Ako kapacitet druge toplane nije dovoljan za spajanje dviju mreža grijanja ili je potencijal proširenja već iscrpljen, može se ispitati i može li se na novoj lokaciji izgraditi nova centralna toplane za obje mreže grijanja.

Ako u neposrednoj i široj blizini postojećeg postrojenja za proizvodnju toplinske energije postoji još nekoliko mreža grijanja, trebalo bi ispitati bi li spajanje svih mreža centraliziranog grijanja bilo zamislivo i povoljno. Pojedinačne toplane mogle bi se koristiti zajedno ili bi se

na prikladnoj lokaciji mogla izgraditi nova centralna toplana.

Ugovaranje

U slučaju poteškoća u provedbi obnove postrojenja, uključivanje izvođača može biti opcija. Praktično iskustvo pokazalo je da specijalizirani ugovaratelji mogu projektu donijeti nove koncepte, poslovne modele i dugoročne razvojne perspektive i tako unaprijediti revitalizaciju starih postrojenja.

Neki specijalizirani ugovaratelji često već upravljaju s nekoliko postrojenja na biomasu i mrežama centraliziranog grijanja te imaju iskustva u procjeni i revitalizaciji postojećih postrojenja. Na primjer, sinergije se mogu iskoristiti i uštedjeti troškovi centraliziranim upravljanjem, profesionalnim marketingom, postojećim operativnim osobljem ili postojećim lancima opskrbe gorivom.

Dodatak

19 Propisi

Pri izgradnji i radu postrojenja na biomasu mora se poštivati širok raspon zahtjeva. Projektant je odgovoran poznavati i primjenjivati lokalne zakone, pravilnike, standarde i smjernice, kao i druge propise kojih se moraju poštivati. Slijedi izbor relevantnih propisa za Švicarsku, Njemačku i Austriju. Osim nacionalnih propisa, međunarodni propisi mogu biti relevantni, na primjer Međunarodna organizacija za normizaciju (ISO), Europski odbor za normizaciju (CEN). Odabir se, među ostalim, temelji na sljedećim temama:

Zahtjevi za gorivom

Zahtjevi za gorivo navedenih propisa definiraju, između ostalog, koja su goriva dopuštena za koju vrstu sustava loženja.

Emisije onečišćujućih tvari

Emisija onečišćujućih tvari u zraku kao što su prašina i ugljični monoksid, ponekad i dušikovi oksidi i sumporni dioksid, ograničena je. Ograničenja obično ovise o nazivnom toplinskom unosu postrojenja za grijanje biomase i korištenom gorivu.

Pepeo

Prijevoz drvenog pepela, njegova moguća upotreba kao gnojiva i/ili odlaganje (filterskog) pepela regulirani su zakonom. U slučaju budućeg recikliranja pepela potrebno je odvojeno prikupljanje frakcija pepela.

Zdravlje i sigurnost

Prevenција nesreća je uvijek važna. Na primjer, mora se spriječiti da osoba koja ulazi u skladište drvenog goriva padne ili je ozlijeđena transportnim sustavom. Skladištenje vlažnog goriva proizvodi fermentacijske plinove koji se mogu skupljati na podu silosa, hidraulične prostorije i kotlovnice; opasna područja moraju biti opremljena odgovarajućim ventilacijskim uređajima tako da nikada ne postoji rizik od gušenja osoblja. U nekim slučajevima nadležna tijela propisuju i uređaje za upozoravanje na CO za osobnu zaštitu. Na skladišta drvene sječke treba priložiti obavijest koja ukazuje na mogući rast plijesni i ukazuje na povezanu opasnost za zdravlje. Prilikom skladištenja drvenih peleta u zatvorenom prostoru potrebna je obavijest koja ukazuje na rizik od stvaranja ugljičnog monoksida. Rukovanje pepelom također se može povezati s opasnostima, a osoblje mora biti zaštićeno poduzimanjem odgovarajućih mjera (npr. zaštita od prašine).

Hidraulički sigurnosni uređaji

Sprečavanje nedopustivog porasta temperature ili tlaka u hidrauličkom sustavu proizvodnje topline, posebno u kotlu, mora se osigurati ugradnjom sigurnosnih uređaja.

Prevenција požara

Razvoj i širenje požara u kotlovnici i skladišnom prostoru za gorivo mora se spriječiti osiguravanjem odgovarajuće opreme i strukturnih mjera. Izlazi u slučaju nužde moraju biti dostupni.

Zaštita od buke

Učinci širenja zvuka (zvuk koji se prenosi zrakom i zvuk koji se prenosi strukturom) tijekom rada toplane na biomasu uvijek se moraju razjasniti i poštivati regionalni propisi o zaštiti od buke. Glavni izvori buke su ispušni ventilator, gornji dio dimnjaka, silos za pražnjenje, tehnologija transporta i ako je primjenjivo, priprema dostupnost goriva na licu mjesta. Emisije buke smanjuju se odgovarajućim mjerama.

Sustav zaštite od munje

Postrojenja na biomasu, strojevi i mreža centraliziranog grijanja moraju biti zaštićeni od munja pomoću uređaja za zaštitu od munja i prenapona.

Sprečavanje eksplozije

U opasnim područjima s visokim rizikom od eksplozije moraju se osigurati konstruktivne i operativne preventivne mjere.

Propisi, uredbe, standardi i smjernice u Švicarskoj

Prilikom implementacije sustava grijanja u Švicarskoj moraju se poštivati brojne zakonske odredbe, uredbe, smjernice i standardi. Slijedi izbor propisa koji su važni za tehnologiju grijanja i za korištenje energije iz biomase. Nema odgovornosti za bilo kakve pogreške ili propuste. Zakonski propisi uvijek se moraju primjenjivati u najnovijoj verziji.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**411 Regulacije, uredbe, standardi i smjernice u Švicarskoj (odabir).

Tema	Kratki naslov	Naslov	Opis
Procjena potražnje	SIA-Norma 380/1	Grundlagen für energetische Berechnungen von Gebäuden	Osnove za energetske izračune zgrada
	SIA-Norma 384/1 /2 /3	Heizungsanlagen u Gebäudenu	Sustavi grijanja u zgradama
	SIA-Norma 385/1	Anlagen für Trinkwarmwasser u Gebäudenu – Grundlagen und Anforderungen	Instalacije za toplu vodu u kućanstvu u zgradama - Osnovna načela i zahtjevi
Ugovorni aranžmani	SIA 108	Ordnung für Leistungen und Honorare der Ingenieureinnen und Ingenieure der Bereichen Gebäudetechnik, Maschinenbau und Elektrotechnik	Propisi za usluge i naknade inženjera iz područja građevinske tehnologije, strojarstva i elektrotehnike
	SIA 112	Modell Bauplanung	Projektiranje zgrade
	SIA 118	Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten	Opći uvjeti za građevinske radove
Zahtjevi za gorivom	LRV	Luftreinhalte-Verordnung	Pravilnik o kontroli onečišćenja zraka
	EN ISO 17225	Feste Biobrennstoffe (ersetzt EN 14961)	Kruta biogoriva (zamjenjuje EN 14961)
Zahtjevi u pogledu emisija	LRV	Luftreinhalte-Verordnung	Pravilnik o kontroli onečišćenja zraka
	Cercl'Air Empfehlung Br. 31p	Vollzugsblätter Emissionsüberwachung Holzfeuerungen über 70 ^{kW} F _{FWL}	Provedbeni listovi, praćenje emisija, sustavi za loženje biomase preko ulaznog kapaciteta od 70 kW
Pepeo	VVEA	Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen	Pravilnik o izbjegavanju i zbrinjavanju otpada
	VeVA	Verordnung über den Verkehr mit Abfällen	Pravilnik o kretanju otpada
Sigurnost	Suva	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt	Švicarski fond za osiguranje od nezgode
		Grünschnitzelsilos (najbolje. Br. 66050.D)	Silos zelenih čipova (narudžba br. 66050.D)
		Kontrolni popis Grünschnitzelsilos (Najbolje. Br. 67006.D)	Silos zelenog čipsa s kontrolnog popisa
		Kontrolni popis Holzspänesilos (Najbolje. Br. 67007.D)	Kontrolni popis silosa za drva
		Merkblatt Explosionsschutz (www.suva.ch/2153.d)	Letak o prevenciji eksplozije
		SUVA 88813 – Die acht lebenswichtigen Regeln der Instandhaltung	Osam ključnih pravila održavanja
	SWIKI	Schweizerischer Verein von Gebäudetechnik-Ingenieuren	Švicarsko udruženje inženjera građevinskih usluga
		Richtlinie 91-1 Bend Entlüftung von Heizräumen	Provjetravanja kotlovnica
		Richtlinie HE301-01 Sicherheitstechnische Einrichtung für Heizungsanlagen (ersetzt Richtlinie 91-1 mit Ergänzungen Nr.1 und 2) BT 102-01 Wasserbeschaffenheit für Gebäudetechnik-Anlagen	Smjernica sigurnosna oprema za sustave grijanja (zamjenjuje smjernice 91-1 dodacima br.1 i 2) Kvaliteta vode za instalacije građevinskih usluga Smjernice za skladištenje drvenih

		Richtlinie HE200-01 Lagerung von Holzpellets beim Endkunden	peleta u prostorijama krajnjeg kupca
	SN EN 12779	Sicherheit von Holzbearbeitungsmaschinen - Ortsfeste Absauganlagen für Holzstaub und Späne - Sicherheitstechnische Anforderungen	Sigurnost strojeva za obradu drva - Stacionarni usisni sustavi za drvenu prašinu i sječku - Sigurnosni zahtjevi
	DGUV-Informationen 209-083	Silos für das Lagern von Holzstaub und -spänen – Bauliche Gestaltung, Betrieb	Silos za skladištenje drvene prašine i sječke - Konstrukcijski dizajn, rad
	DGUV-Informationen 209-045	Absauganlagen und Silos für Holzstaub und -späne; Brand- und Explosionsschutz	Sustavi ekstrakcije i silosi za drvenu prašinu i strugotine; Sprječavanje požara i eksplozije
	BGI Informationen 739-2		
	DGV	Druckgeräteverordnung DGV (SR 930.114)	Pravilnik o tlačnoj opremi
	proPellets.ch	Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets 2018	Preporuke za skladištenje drvenih peleta
Prevenција požara	VKF	Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen Brandovichutzrichtlinie 24-15 Wärmetechnische Anlagen Spänefeuerungen 104-15 105-15 Schnitzelfeuerungen 106-15 Pelletsfeuerungen Abgasanlagen ff	Udruga kantonalnih osiguravatelja požara Toplinski sustavi vodiča za zaštitu od požara Peći na drvenu sječku Peći na pelete Oprema za ispušne plinove Lokalni protupožarni propisi
	Lokale feuerpolizeiliche Vorschriften		
Zaštita od buke	LSV SIA 181	Lärmschutz-Verordnung Schallschutz im Hochbau	Pravilnik o smanjenju buke Zvučna izolacija u građevinarstvu
Presjek dimnjaka i veličina dimnjaka	LRV SIA 384/4 BAFU	Luftreinhalte-Verordnung Kamine für den Hausbrand Bundesamt für Umwelt UV-1318-D Mindesthöhe von Kaminen über Dach	Pravilnik o kontroli onečišćenja zraka Dimnjaci za kućnu uporabu Savezni ured za okoliš UV-1318-D Minimalna visina dimnjaka iznad krova

Propisi, uredbe, standardi i smjernice u Njemačkoj

Prilikom implementacije sustava grijanja u Njemačkoj moraju se poštivati brojne zakonske odredbe, propisi, direktive i standardi. Osim njemačkog prava, europski pravni propisi i standardi postaju sve važniji. Slijedi izbor propisa koji su važni za tehnologiju grijanja i za korištenje energije iz biomase. Nema odgovornosti za bilo kakve pogreške ili propuste. Zakonski propisi uvijek se moraju primjenjivati u najnovijoj verziji.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**422 Regulacije, uredbe, standardi i smjernice u Njemačkoj (odabir).

Tema	Kratki naslov	Naslov	Opis
Procjena potražnje	GEG	Gebäudeenergiegesetz	Zakon o energiji
	DIN EN 12831-1	Heizungsanlagen u Gebäuden	Sustavi grijanja u zgradama
	DIN V 18599	Energetische Bewertung von Gebäuden	Energetska procjena zgrada
	DIN EN ISO 52016-1	Energetische Bewertung von Gebäuden	Energetska procjena zgrada
	VDI 2067	Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen	Učinkovitost tehničkih sustava zgrade
Ugovorni aranžmani	BGB	Bürgerliches Gesetzbuch	Građanski zakonik
	VgV	Vergabeverordnung	Pravilnik o nabavi
	VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen	Njemački pravilnik za ugovore o izgradnji
	AVBFernwärmeV	Verordnung über allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fern-wärme	Pravilnik o općim uvjetima za opskrbu centraliziranog grijanja
	HeizKV	Verordnung über verbrauchsabhängige Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten	Pravilnik o grijanju na temelju troškova grijanja i tople vode
	HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure	Ljestvica naknada za arhitekte i inženjere
Zahtjevi za gorivom	BlmSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz	Savezni zakon o kontroli emisije
	TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft	Upute o kontroli kvalitete zraka
	1. BlmSchV	Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen	Pravilnik o malim i srednjim postrojenjima za izgaranje
	4. BlmSchV	Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen	Pravilnik o postrojenjima za koje je potrebna dozvola
	13. BlmSchV	Verordnung über Grossfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen	Pravilnik o velikim postrojenjima za izgaranje, plinskim turbinama i motorima s unutarnjim izgaranjem
	44. BlmSchV	Verordnung über mittelgrosse Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen	Pravilnik o postrojenjima za izgaranje srednje veličine, plinskim turbinama i motorima s unutarnjim izgaranjem
	DIN EN ISO 17225	Biogen Festbrennstoffe (ersetzt DIN EN 14961)	Biogena kruta goriva (zamjenjuje DIN EN 14961)
Emisije i zahtjevi emisija	BlmSchG	pogledajte gore	pogledajte gore
	TA Luft		
	1. BlmSchV		
	4. BlmSchV		
	13. BlmSchV		
	44. BlmSchV		
	VDI 2066	Messen von Partikeln	Mjerenje čestica
	VDI 3462-4	Emisijeminderung	Smanjenje emisija
	VDI 3253	Emissionen aus stationären Quellen: Methoden zum qualitativen Nachweis des kontinuierlichen effektiven Betriebs von	Emisije iz stacionarnih izvora: Metode za kvalitativnu demonstraciju kontinuiranog učinkovitog rada sakupljača prašine u postrojenjima

		Staubabscheidern bei Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe mit einer Feuerungswärmeleistung zwischen 1 MW und weniger als 5 MW	za izgaranje krutih goriva s nazivnim toplinskim ulazom između 1 MW i manje od 5 MW
	AwSV	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	Pravilnik o instalacijama za rukovanje tvarima opasnim za vodu
	BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung	Savezna uredba o zaštiti tla i kontaminiranim mjestima
	KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz	Njemački Zakon o gospodarenju otpadom u ciklusu zatvorenih tvari
	DüG	Düngegesetz	Zakon o gnojivima
	AVV	Abfallverzeichnis-Verordnung	Pravilnik o katalogu otpada
	BioAbfV	Bioabfallverordnung	Pravilnik o biootpadu
	DepV	Deponieverordnung	Pravilnik o odlagalištima otpada
	DüMV	Düngemittelverordnung	Pravilnik o gnojivima
	DüV.	Düngeverordnung	Pravilnik o gnojibama
	NachwV	Verordnung	Pravilnik o provjeri
Sigurnost	UVV	Unfallverhütungsvorschriften	Propisi o sprječavanju nesreća
	DGUV	DGUV Vorschriften- und Regelwerk	Njemačka zakonska pravila i propisi o osiguranju od nezgode
	MRO	Maschinen-Richtlinie	Direktiva o strojevima
	DGRL	Richtlinie	Direktiva o tlačnoj opremi
	Niederspannungs-RL	Niederspannungsrichtlinie	Direktiva o niskom naponu
	EMV-RL	Elektromagnetische Verträglichkeit-Richtlinie	Direktiva o elektromagnetskoj kompatibilnosti
	DOSEČI	REACH-Verordnung	Uredba o registraciji, evaluaciji, autorizaciji i ograničavanju kemikalija
	BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung	Pravilnik o industrijskoj sigurnosti i zdravlju
	DIN EN ISO 12100	Sicherheit von Maschinen	Sigurnost strojeva
	DIN EN 303-5	Heizkessel – Heizkessel für feste Brennstoffe, manuell und automatisch beschickte Feuerungen, Nennwärmeleistung bis 500 kW – Begriffe, Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung	Kotlovi za grijanje - Kotlovi za kruta goriva, ručni i automatizirani, nazivni unos topline ne veći od 500 kW - Definicije, zahtjevi, ispitivanje i označavanje
	DIN EN 12828	Heizungsanlagen u Gebäuden – Planung von Wasserheizungsanlagen	Sustavi grijanja u zgradama - Projektiranje sustava grijanja vode
	DIN EN 61000	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	Elektromagnetska kompatibilnost (EMC)
	DIN 4747	Fernwärmeanlagen	Sustavi centraliziranog grijanja
	VDI 2694	Bunker und Silos	Bunker i silosi
	VDI 2035	Verhütung von Schäden durch Korrosion und Steinbildung u Warmwasserheizungsanlagen	Sprječavanje oštećenja zbog korozije i stvaranja razmjera u sustavima grijanja tople vode
	VDI 3464	Lagerung von Holzpellets beim Verbraucher - Anforderungen an Lager sowie Herstellung und Anlieferung der Pellets unter Gesundheits- und Sicherheitsaspekten	Skladištenje drvenih peleta kod potrošača - Zahtjevi za skladištenje, kao i proizvodnja i isporuka peleta u zdravstvenim i sigurnosnim aspektima
	AGFW-FW	AGFW-Regelwerk	Pravilnik OGFW-u
	DEPV	Leitfaden zur Lagerung von Holzpellets	Smjernica za skladištenje drvenih peleta
	MBO	Musterbauordnung	Model građevnog koda

Prevenција požara i eksploatacije	FeuV	Feuerungsverordnung	Pravilnik o paljenju
	VVB	Verordnung über die Verhütung von Bränden	Pravilnik o sprječavanju požara
	ATEX	ATEX-Herstellerrichtlinie, ATEX-Betriebsrichtlinie	Direktiva proizvođača ATEX (ATmosphères Explosives), direktiva o radu ATEX-a
	ISO 8421	Brandschutz	Prevenција požara, pojmovi
	DIN EN 1127	Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz	Eksplzivne atmosfere - Prevenција eksplozije
	DIN 4102	Brandverhalten von Baustoffen i Bauteilen	Vatrogasno ponašanje građevinskog materijala i komponenti
	VDI 2263		Požari prašine i eksplozije prašine
		Staubbrände i Staubexplosionen	
Zaštita od buke	BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz	Savezni zakon o kontroli emisije
	TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm	Tehničke upute za zaštitu od buke
	AGFW-FW	AGFW-Regelwerk	Skup pravila AGFW-a
Dimnjak	TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft	Tehničke upute o kontroli kvalitete zraka
	DIN EN 13084	Freistehende Schornsteine	Samostojeći dimnjaci
	DIN EN 13384	Abgasanlagen – Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren	Ispušni sustavi - Metode toplinskog i fluidnog izračuna
	DIN 1298	Abgasanlagen - Verbindungsstücke für Feuerungsanlagen	Ispušni sustavi - Spojni dijelovi za sustave izgaranja
	DIN 18160	Abgasanlagen	Ispušni sustavi
	VDI 3781-4	Ableitbedingungen für Abgase	Uvjeti pražnjenja ispušnih plinova
Zaštita od munje	DIN EN 61643	Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung	Niskonaponski uređaji za zaštitu od prenapona

Propisi, uredbe, standardi i smjernice u Austriji

Prilikom implementacije sustava grijanja u Austriji moraju se poštivati brojne zakonske odredbe, uredbe, smjernice i standardi. Slijedi izbor najvažnijih propisa u Austriji za tehnologiju grijanja i za korištenje energije iz biomase. Nema odgovornosti za bilo kakve pogreške ili propuste.

Zakonske odredbe uvijek se moraju primjenjivati u najnovijoj verziji. Austrijski zakoni i uredbe mogu se besplatno preuzeti sa <http://www.ris.bka.gv.at>. Nacionalno primjenjive standarde i smjernice izdaju sljedeća tijela, među ostalim:

- Austrijski institut za norme (austrijski standardi) - <http://www.austrian-standards.at>
- Austrijsko udruženje elektrotehnike (ÖVE) - <http://www.ove.at>
- Austrijski odbor povjerenika za poljoprivredno inženjerstvo i ruralni razvoj (ÖKL) - <http://www.oekl.at>
- Austrijska radna skupina za smanjenje buke (ÖAL) - <http://www.oal.at>
- Prüfstelle für Brandschutztechnik - <http://www.pruefstelle.at>, Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA) - <http://www.auva.at>.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**433 Regulacije, uredbe, standardi i smjernice u Austriji (odabir).

Tema	Kratki naslov	Naslov	Opis
Plantoperacija	GewO	Gewerbeordnung	Trgovinski propisi
	NSG	Naturschutzgesetze der Länder	Zakoni o očuvanju prirode
Procjena potražnje i konceptualna	ÖNORM EN ISO 52016	Energetische Bewertung von Gebäuden	Energetska procjena zgrada
	ÖNORM EN 12828	Heizungsanlagen u Gebäuden - Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen	Sustavi grijanja u zgradama
	ÖNORM H 5151-1	Planung von zentralen Warmwasser-Heizungsanlagen mit oder ohne Warmwasserbereitung - Teil 1: Gebäude mit einem spezifischen Transmissionsleitwert über 0,5 W/(K.m²) - Ergänzungsnorm zu ÖNORM EN 12828	Projektiranje sustava grijanja tople vode u kućanstvu
	ÖNORM EN 12831-1	Heizungsanlagen u Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast	Sustavi grijanja u zgradama - Metoda izračuna standardnog opterećenja grijanja
	ÖNORM H 7500-1	Heizungssysteme in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast für Gebäude mit einem mittleren U-Wert $\geq 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ - Nationale Ergänzung zu ÖNORM EN 12831-1	Sustavi grijanja u zgradama - Postupak izračuna standardnog opterećenja grijanja za zgrade
	ÖNORM H 7500-3	Heizungssysteme u Gebäuden - Teil 3: Vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der Norm-Gebäudeheizlast	Sustavi grijanja u zgradama - 3. dio: Pojednostavljena metoda izračuna standardnog opterećenja grijanja zgrade
	ÖNORM H 5142	Haustechnische Anlagen - Hydraulische Schaltungen für Warmwasser-Heizungsanlagen, Kühlsysteme und solarthermische Anlagen	Građevinske usluge - hidraulički krugovi za sustave grijanja tople vode, sustave hlađenja i solarne toplinske sustave
	ÖNORM B 2503	Kanalanlagen - Ergänzende Richtlinien	Kanalizacijski sustavi - Dodatne smjernice
	ÖNORM B 2506	Regenwasser-Sickeranlagen	Sustavi procjeđivanje kišnice
	ÖNORM H 5050	Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden	Ukupna energetska učinkovitost zgrada
	OIB-RL 6/2019	Energieeinsparung und Wärmeschutz	Smjernice o uštedi energije i toplinskoj izolaciji za zgrade Austrijskog instituta za graditeljstvo
	ÖNORM M 7140	Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme nach dynamischen Rechenmethoden	Usporedni ekonomski izračun za energetske sustave prema metodama dinamičkog izračuna

	ÖKL-Merkblatt Br. 67	Planung von Biomasseheizwerken und Nahwärmenetzen	Letak o planiranju toplana na biomasu i lokalnih mreža grijanja
	VDI 2067	Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen	Učinkovitost tehničkih sustava zgrade
Ugovorni aranžmani	BVerG	Bundesvergabegesetz	Savezni zakon o nabavi
	HeizKG	Heizkostenabrechnungsgesetz	Zakon o namirenju troškova grijanja
	ÖNORM A 2050.	Vergabe von Aufträgen über Leistungen - Ausschreibung, Angebot und Zuschlag – Verfahrensnorm	Dodjela ugovora za usluge - Poziv na nadmetanje, nadmetanje i dodjelu ugovora - Proceduralni standard
	ÖNORM A 2060.	Allgemeine Vertragsbestimmungen für Leistungen – Vertragsnorm	Opće ugovorne odredbe za usluge - Standard ugovora
Zahtjevi za gorivom	ÖNORM EN ISO 17225	Biogen Festbrennstoffe	Biogena kruta goriva
	ÖNORM C4005	Holzhackgut und Schredderholz für die energetische Verwertung in Anlagen mit einer Nenn-Wärmeleistung über 500 kW - Anforderungen und Prüfbestimmungen - Nationale Ergänzung zu ÖNORM EN ISO 17225-1	Drvena sječka i drobilica za energetsku uporabu u postrojenjima s nazivnim toplinskim ulazom većim od 500 kW - Zahtjevi i specifikacije ispitivanja - Nacionalni dodatak ÖNORM EN ISO 17225-1
	ÖNORM M 7132	Energiewirtschaftliche Nutzung von Holz und Rinde als Brennstoff – Begriffsbestimmungen und Merkmale	Energetska uporaba od drva i kore kao goriva - Definicije i karakteristike
	ÖNORM S2100	Abfallverzeichnis	Popis otpada
Emisije i zahtjevi emisija	FAV	Feuerungsanlagenverordnung	Pravilnik o postrojenjima za paljenje
	AWG	Abfallwirtschaftsgesetz u. Abfallwirtschaftskonzept (AWK)	Zakon o gospodarenju otpadom i Koncept gospodarenja otpadom (AWK)
	IG-L	Immissionsschutzgesetz - Luft	Zakon o onečišćenju zraka
	WRG	Wasserrechtsgesetz	Zakon o vodama
	AAEV	Allgemeine Abwasseremissionsverordnung	Pravilnik o općim emisijama otpadnih voda
	IEV	Indirekteinleiterverordnung	Pravilnik o neizravnom pražnjenju
	RL 2000/76/EG	Richtlinie über umrla Verbrennung von Abfällen	Direktiva EZ-a o spaljivanju otpada
Pepeo	AWG	Abfallwirtschaftsgesetz	Zakon o gospodarenju otpadom
	KPV	Kompostverordnung	Pravilnik o kompostu
	AVV	Abfallverzeichnisverordnung	Pravilnik o katalogu otpada
	AbfallbilanzV	Abfallbilanzverordnung	Pravilnik o bilanci otpada
	ALSAG	Altlastensanierungsgesetz	Zakon o sanaciji onečišćenih lokacija
	DMG	Düngemittelgesetz	Zakon o gnojivima
	Forstg	Forstgesetz	Zakon o šumama
	WRG	Wasserrechtsgesetz	Zakon o vodama
		Ascherichtlinien der Länder	Smjernice o zbrinjavanju pepela u zemljama
Zaštita od buke	ÖNORM B 8115	Schallschutz und Raumakustik im Hochbau	Zvučna izolacija i sobna akustika u građevinskoj konstrukciji
	Richtlinien	Richtlinien des Österreichischen Arbeitsring für Lärmbekämpfung	Smjernice austrijske radne skupine za smanjenje buke
Sigurnost	AschG	ArbeitnehmerInnenschutzgesetz	Zakon o zaštiti zaposlenika
	BauKG	Bauarbeitenkoordinationsgesetz	Zakon o koordinaciji građevinskih radova
	ETG	Elektrotechnološki egesetz	Zakon o elektrotehnici
	AAV	Allgemeine Arbeitnehmerschutzverordnung	Pravilnik o općoj zaštiti zaposlenika
	AstV	Arbeitsstättenverordnung	Pravilnik o radnom mjestu
	BauV	Bauarbeiterschutverordnung	Pravilnik o zaštiti građevinskih radnika
	DDGVO	Duale Druckgeräteverordnung	Pravilnik o tlačnoj opremi
	ETV	Elektrotechnološkiverodnung	Pravilnik o elektrotehnici
	ESV		Pravilnik o električnoj sigurnosti

	ÖNORM HR 303-5	Elektroschutzverordnung Heizkessel – Heizkessel für feste Brennstoffe, manuell und automatisch beschickte Feuerungen, Nennwärmeleistung bis 500 kW – Begriffe, Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung	Kotlovi - Kotlovi na kruta goriva, ručni i automatizirani, nazivni unos topline ne veći od 500 kW - Definicije, zahtjevi, ispitivanje i označavanje
	ÖNORM M 7510-4	Überprüfung von Heizungsanlagen – Einfache Überprüfung von Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe	Pregled sustava grijanja - Jednostavan pregled sustava loženja za kruta goriva
	ÖVE E 8120	Verlegung von Energie-, Steuer- und Messkabeln	Polaganje energetskih, kontrolnih i mjernih kablova
	ÖVE/ÖNORM E 8200-627	Vieladrige und vielpaarige Kabel für die Verlegung u Luft und u Erdeu	Višežilni i višeparni kabeli za instalaciju u zraku i zemlji
	ÖVE EN 50110	Betrieb von elektrischen Anlagen	Rad električnih instalacija
	DIN EN 61000	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	Elektromagnetska kompatibilnost (EMC)
	AUVA-Merkblätter	Sicherheitsinformationen der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt	Sigurnosne informacije - Opće ustanove za osiguranje od nezgode
	ÖNORM EN ISO 20023	Biogen Festbrennstoffe - Sicherheit von Pellets aus biogenen Fest-brennstoffen - Sicherer Umgang und Lagerung von Holzpellets u häuslichen- und anderen kleinen Feuerstätten	Biogena kruta goriva - Sigurnost peleta iz biogenih krutih goriva - Sigurno rukovanje i skladištenje drvenih peleta u domaćim i drugim malim postrojenjima za izgaranje
	ÖNORM H5195-1	Wärmeträger für haustechnische Anlagen - Teil 1: Verhütung von Schäden durch Korrosion und Steinbildung u geschlossenen Warmwasser-Heizungsanlagen	Mediji za prijenos topline za kućne instalacije - 1. dio: Sprječavanje oštećenja korozije i stvaranja razmjera u zatvorenim sustavima grijanja tople vode
Vatrododjave	ÖNORM EN 1366	Feuerwiderstandsprüfung für Installationen	Ispitivanje otpornosti na vatru za instalacije
	ÖNORM B 3800	Brandverhalten von Baustoffen i Bauteilen	Vatrogasno ponašanje građevinskog materijala i komponenti
	ÖNORM F 1000	Feuerwehrtechnik und Brandschutzwesen	Tehnologija gašenja požara i prevencije požara
	ÖNORM H 5170	Heizungsanlagen – Anforderungen a die Bau- und Sicherheitstechnik sowie a den Brand- und Umweltschutz	Instalacije grijanja - Zahtjevi za građevinsko-sigurnosno zaštitu od požara i okoliša
	TRVB H118 TRVB	Automatische Holzfeuerungen Technische Richtlinien vorbeugender Brandschutz	Automatske peći na biomasu Tehničke smjernice za preventivnu zaštitu od požara
Zaštita od munje	ÖVE E 40/1987	Schutz von Erdern und erdverlegten Metallteilen gegen Korrosion	Zaštita zemljanih elektroda i zakopanih metalnih dijelova od korozije
	ÖVE/ÖNORM E 8049	Blitzschutz baulicher Anlagen	Zaštita od udara groma
Sprječavanje eksplozije	ExSV 2015	Eksplodijeschutzverordnung	Pravilnik o zaštiti od eksplozije
	EIExV 1993.	Elektro-Ex-Verordnung	Protueksplodijaska zaštita za električnu opremu
Dimnjak	ÖNORM M 9440	Ausbreitung von luftverunreinigenden Stoffen in der Atmosphäre – Berechnung von Immissionskonzentrationen	Disperzija onečišćujućih tvari u zraku u atmosferi - Izračun koncentracija okolnog zraka
	DIN EN 13384	Abgasanlagen – Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren	Ispušni sustavi - Metode toplinskog i fluidnog izračuna

20 Važni izračuni i konverzije

20.1 Omjer viška zraka Lambda

Omjer viška zraka (λ) opisuje omjer između isporučenog i stehiometrijskog (= teoretskog minimuma potrebnog) volumena zraka za izgaranje:

$$\lambda = \frac{\text{supplied combustion air volume}}{\text{stoichiometric combustion air volume}} \quad [-]$$

Omjer viška zraka utječe na kvalitetu izgaranja i temperaturu izgaranja. Može se izračunati iz sastava ispušnih plinova [60]. U pojednostavljenom postupku mogu se izvesti sljedeće formule za izračun lambde:

$$\lambda = \frac{21}{21 - O_2 + 0.4 CO} \quad [-]$$

ili

$$\lambda = \frac{20.4}{CO_2 + CO} \quad [-]$$

i

$$O_2 = 21 - CO_2 - 0.6 CO \quad [-]$$

s:	CO ₂	=	koncentracija ugljičnog dioksida u suhom ispušnom plinu	[vol-%]
	CO	=	koncentracija ugljičnog monoksida u suhom ispušnom plinu	[vol-%]
	o ₂	=	Koncentracija kisika u suhom ispušnom plinu	[vol-%]
	20,4	=	CO _{2 max} (= maksimalni mogući sadržaj CO ₂ u ispušnim plinovima)	[vol-%]
	21	=	Koncentracija kisika u zraku	[vol-%]

Primjer:

Izmjerene varijable:	CO ₂	=	9,0 vol-%
	CO	=	250 ppm = 0,025 vol-%

Kalkulacija:

$$\lambda = \frac{21}{21 - 9 - 0.6 * 0.025} = 1.75 \quad [-]$$

Procjena: S jedne strane, omjer viška zraka lambda (λ) trebao bi biti što niži (visoka učinkovitost izgaranja), s druge strane, ne smije biti prenizak, jer se s nedovoljnom količinom zraka za izgaranje kvaliteta izgaranja drastično pogoršava, a temperatura izgaranja raste u kritičnom rasponu.

Višak koeficijenta zraka obično je $\lambda \approx 1,6 - 2,2$ za peći na biomasu.

Napomena: Takozvani "lambda senzori" mjere sadržaj kisika ili omjer viška zraka u vlažnom ispušnom plinu. Pretvorba u suhi ispušni plin može se naći u poglavlju 20.5

20.2 Pretvorba iz ppm u mg/m³

Mjerni instrumenti za emisije CO, HC i NO_x obično označavaju izmjerene vrijednosti u **vol-%** ili **ppm**. Jedinica ppm (ppm = parts **per** million = 1 : 1.000.000 = milijunti) odgovara, poput vol-%, količinskom *udjelu* plina i stoga je neovisna o temperaturi i tlaku plina. Pretvorba iz vol-% u ppm može se izvršiti prema tablici Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 44.**

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 44** 1Konverzija iz vol-% u ppm

vol.-%	ppm
100	1,000,000
10	100,000
1	10,000
0.1	1,000
0.01	100
0.001	10
0.0001	1

Granične vrijednosti emisija obično se ne daju u jedinicama volumena, već u mg/m³. Pretvorba iz **ppm** u **mg/m³** vrši se množenjem s **gustoćom** odgovarajuće komponente plina. Budući da se vrijednosti daju u standardnim uvjetima (temperatura = 0 °C, tlak = 1013 mbar), pretvorba se vrši standardnom gustoćom (molekulska masa / standardni volumen), odnosno gustoćom u standardnim uvjetima.

vrijednost emisije [mg/m³] = standardna gustoća u kg/m³ * emisijska vrijednost u ppm

CO [mg/m³] = **1,25** kg/m * CO [ppm]

NO_x [mg/m³] = **2,05** kg/m * NO_x [ppm] (NO_x kao NO₂ ≈ 2,05 kg/m³)

HC* [mg/m³] = **0,54** kg/m * HC [ppm] (za CH₄ kao kalibracijski plin ≈ 0,54kg/m³)

HC* [mg/m³] = **1,62** kg/m * HC [ppm] (za C₃H₈ kao kalibracijski plin ≈ 1,62kg/m³)

* Plinovite organske tvari, koje se označavaju kao ukupni ugljik (C)

Primjer: Pretvorba koncentracije CO (bez pretvorbe u referentni sadržaj kisika)

Izmjerena vrijednost: CO = 200 ppm

Izračun: **CO** [mg/m³] = 1,25 kg/m³ * CO [ppm] = 1,25 kg/m³ * 200 ppm = **250 mg/m³**

20.3 Referentna vrijednost kisika

Za usporedbu emisija iz različitih peći ili različitih ispitivanja na istoj jedinici potrebna je referentna vrijednost. Bez pretvorbe vrijednosti emisije u referentnu vrijednost nije moguća usporedba s drugim podacima. Sadržaj kisika O_2 u suhom dimnom plinu definira se kao referentna vrijednost. Referentni sadržaj kisika specifičan je za pojedine zemlje i ovisi o veličini toplane. U Pravilniku o kontroli onečišćenja zraka (Luftreinhalte-Verordnung LRV) referentni sadržaj kisika od 13% primjenjuje se do nazivnog toplinskog unosa od 1 MW, a iznad toga se primjenjuje 11%. U europskoj normi EN 303-5 za postrojenja na biomasu referentni sadržaj kisika od 10 % primjenjuje se do nazivne toplinske snage od 500 kW. U 44. BimSchV, referentni sadržaj kisika od 6 % primjenjuje se na postrojenja srednje veličine s nazivnim toplinskim unosom od preko 1 MW.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**452 Konverzija vol-% O_2 upućivanja na λ referenciju

Vol-% $O_{2,ref}$	λ_{ref}
13	2.625
11	2.100
10	1.910
6	1.400

Vrijednosti mjerenja emisija moraju se pretvoriti u definiranu referentnu količinu, tj. time se sprječava određivanje nižih vrijednosti emisija razrjeđivanjem ispušnih plinova lažnim zrakom (npr. pri ulaznom uzorku dimnjaka uzvodno za mjerenje emisija). Kroz pretvorbu, izmjerene vrijednosti se pretvaraju u određeno razrjeđivanje prema odgovarajućem referentnom sadržaju kisika. Konverzija se provodi prema sljedećoj shemi:

$$\text{Emission value} \left[\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] \text{ at reference } O_2 \text{ content} = \text{emission value} [\text{ppm}] * \text{standard density} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] * \frac{21 - O_{2,ref} [\%]}{21 - O_{2,measured} [\%]}$$

To je jednako konverziji iz izmjerenog λ u λ prema referentnom sadržaju O_2 . Izračun λ može se obaviti mjerenjem O_2 ili CO_2 . Za izračun λ_{ref} koristi se odgovarajući sadržaj kisika $O_{2,ref}$.

$$\text{Emission value} \left[\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] \text{ at reference } O_2 \text{ content} = \text{emission value} [\text{ppm}] * \text{standard density} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] * \frac{\lambda_{measured}}{\lambda_{ref}}$$

Primjer: Izračun koncentracije CO s referentnim sadržajem kisika

Izmjerene varijable: $CO = 200 \text{ ppm}$
 $O_2 = 9.0 \text{ vol-\%}$ ($\lambda = 1.75$)
Referentna vrijednost: $O_{2,ref} = 13 \text{ vol-\%}$ ($\lambda_{ref} = 2.625$)

Kalkulacija:

$$CO \text{ emission value} = 200 \text{ ppm} * 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{21\% - 13\%}{21\% - 9\%} = 167 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \text{ at } 13\% O_2$$

ili

$$CO \text{ emission value} = 200 \text{ ppm} * 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{1.75}{2.625} = 167 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \text{ at } 13\% O_2$$

Pretvorba u drugi referentni sadržaj kisika

Ovisno o zakonskim zahtjevima i klasama performansi, primjenjuju se različite granične vrijednosti emisija s različitim referentnim sadržajem kisika. Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 46.** može se upotrijebiti za pretvaranje vrijednosti emisija, navedenih u mg/m³ u odnosu na određeni referentni sadržaj kisika, u drugi zajednički referentni sadržaj kisika.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 46.** Pretvaranje vrijednosti emisije u drugi referentni sadržaj kisika.

Referenca sadržaja kisika u vol-%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0																	
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6	140.0	133.3	126.7	120.0	113.3	106.7	100	93.3	86.7	80.0	73.3	66.7	60.0	53.3	46.7	40.0	33.3
7																	
8																	
9																	
10	190.9	181.8	172.7	163.6	154.5	145.5	136.4	127.3	118.2	109.1	100	90.9	81.8	72.7	63.6	54.5	45.5
11	210.0	200.0	190.0	180.0	170.0	160.0	150.0	140.0	130.0	120.0	110.0	100	90.0	80.0	70.0	60.0	50.0
12																	
13	262.5	250.0	237.5	225.0	212.5	200.0	187.5	175.0	162.5	150.0	137.5	125.0	112.5	100	87.5	75.0	62.5
14																	
15																	
16																	

Primjer: 100 mg/m³ u referentnom sadržaju kisika 10 vol-% uključujući 90,9 mg/m³ pri 11 vol-% O₂ i 136,4 mg/m³ pri 6 vol-% O₂

Primjer: pretvorba vrijednosti emisije CO navedene u referentnom sadržaju kisika od 11 % volumena u referentni sadržaj kisika od 6 % po volumenu.

Početna vrijednost: vrijednost emisije CO = 180 mg/m³ na temelju 11 vol.% O₂

Prema Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 46**

Vrijednost emisije CO = 100 mg/m³ povezana s 11 vol.% O₂ odgovara

Vrijednost emisije CO = 150 mg/m³ u vezi sa 6 vol.% O₂

Vrijednost emisije CO pretvorena u 6 vol.% O₂ stoga je:

Emission value new = emission value initial * $\frac{\text{emission value Table 20.1 new}}{\text{emission value Table 20.1 initial}}$

$$= 180 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} * \frac{150 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}}{100 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}} = 270 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \text{ at } 6 \text{ vol-\%O}_2$$

20.4 Pretvorba iz mg/m³ u mg/MJ

Za usporedbu emisijskih opterećenja različitih goriva, npr. ulja i drva, emisije su povezane s *količinom proizvedene energije* [mg/MJ_{useful} ili mg/kWh_{useful}]. Kvocijent emisije i količine energije naziva se i emisijski faktor. Treba napomenuti da se količina isporučene energije [mg/MJ_{end}] također koristi kao referentni parametar. Ta su dva parametra povezana učinkovitošću ili godišnjom učinkovitošću.

Specifikacija emisija u mg/MJ uobičajena je u mnogim zemljama, tako da je za međunarodnu usporedbu izmjerenih vrijednosti potrebna konverzija iz mg/m³ u mg/MJ.

Pri pretvaranju iz mg/m³ u mg/MJ treba napomenuti da količina isporučene energije u slučaju izgaranja biomase ovisi o kalorijskom vrijednosti, a time i o sadržaju vode za gorivo. To znači da je ispravna konverzija moguća samo ako su poznata kalorijska vrijednost i sadržaj vode za gorivo. Pretvorba u isporučenu energiju goriva ili korisnu toplinu tada se može provesti na sljedeći način:

$$\text{emission value} \left[\frac{\text{mg}}{\text{MJ}_{\text{End}}} \right] = \text{emission value} \left[\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] \text{ at } O_{2,\text{ref}} * \frac{\lambda_{\text{ref}} * V_{\text{air min}}}{18.3 - 2.442 * \frac{M}{100 - M}}$$

$$\text{emission value} \left[\frac{\text{mg}}{\text{MJ}_{\text{useful}}} \right] = \frac{\text{emission value} \left[\frac{\text{mg}}{\text{MJ}_{\text{End}}} \right] * 100\%}{\eta_a}$$

s:	λ_{ref}	=	višak omjera zraka pri $O_{2,\text{ref}}$	[-]
	$V_{\text{air min}}$	=	stihimetrijski volumen zraka za izgaranje = 4,58	[m ³ /kg]
	M	=	sadržaj vode za gorivo	[wt-%]
	η_a	=	godišnja učinkovitost	[%]

Primjer: Pretvorba koncentracije CO iz mg/m³ u referentnom sadržaju kisika u mg/MJ

Početna vrijednost: CO = 100 mg/m³ pri 11 vol%.

M = 25 wt-%

λ_{ref} = 2,1

η_a = 85 %

$$\text{CO emission value} \left[\frac{\text{mg}}{\text{MJ}_{\text{end}}} \right] = 100 * \frac{2.1 * 4.58}{18.3 - 2.442 * \frac{25}{100 - 25}} = 55 \frac{\text{mg}}{\text{MJ}_{\text{end}}}$$

$$\text{CO emission value} \left[\frac{\text{mg}}{\text{MJ}_{\text{useful}}} \right] = \frac{55 \frac{\text{mg}}{\text{MJ}_{\text{end}}} * 100\%}{85\%} = 65 \frac{\text{mg}}{\text{MJ}_{\text{useful}}}$$

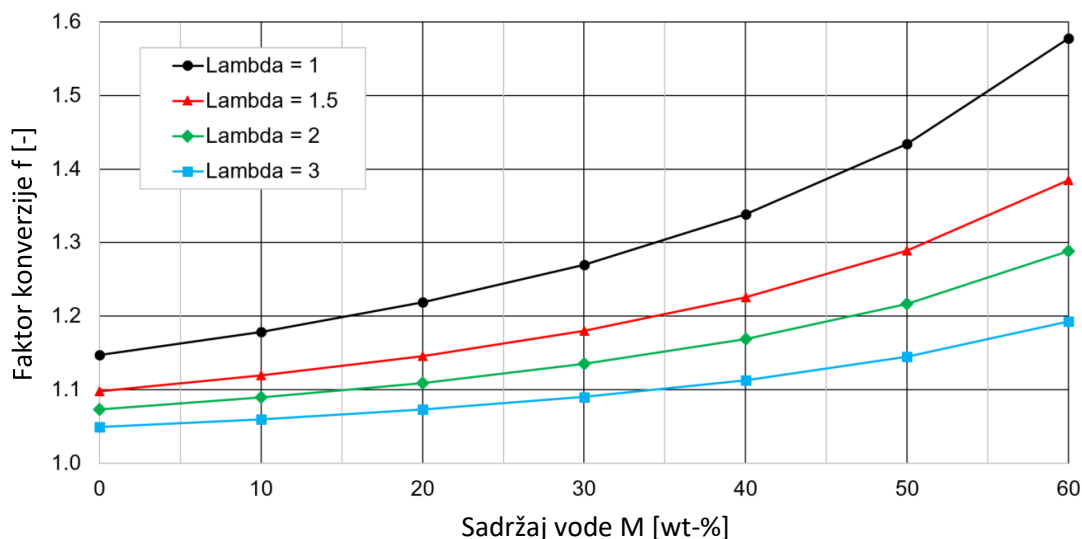
20.5 Pretvorba iz vlažnog u suhi ispušni plin

U nekim mjernim instrumentima za mjerenje emisija, npr. mjernim instrumentima ugljikovodika koji se temelje na mjernim instrumentima za otkrivanje ionizacije plamena (FID) ili NO_x na temelju detekcije kemijske kemije (CLD), mjerenje se provodi u vrućem, vlažnom ispušnom plinu. Razlog tome je što tijekom uobičajenog hlađenja ispušnog plina uzvodno od mjernog instrumenta za emisije u plinskom hladnjaku na otprilike 5 °C neke tvari koje se mjere prelaze u tekući kondenzat i stoga falsificiraju izmjerenu vrijednost u mjernom instrumentu. Budući da se granične vrijednosti emisija primjenjuju na suhi ispušni plin u standardnim uvjetima (0 °C, 1013 mbar), pri mjerenju u vlažnom ispušnom plinu mora se provesti prijelaz na suhi ispušni plin jer vodena para inače dovodi do razrjeđivanja emisija. Za mjerenja brzine u vrućem, vlažnim ispušnim plinovima, uz korekciju vlažnosti mora se provesti i kompenzacija temperature i tlaka.

Faktor konverzije f može se izračunati uz poznavanje omjera viška zraka λ (u suhom dimnom plinu) i sadržaja vode za gorivo M prema sljedećoj jednadžbi [54]:

$$\text{conversion factor } f = \frac{\text{volume flow wet exhaust gas}}{\text{volume flow dry exhaust gas}}$$

$$\text{conversion factor } f = 1 + \frac{0.287}{\lambda} * \left(\frac{M}{100 - M} + 0.512 \right)$$



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1631** Konverzijski faktor f kao funkcija sadržaja vode u gorivu M .

Primjer: Pretvorba koncentracije ugljikovodika iz vlažnog ispušnog plina u suhi ispušni plin

Izmjerene vrijednosti: Koncentracija ugljikovodika u mokrom ispušnom plinu HCW = 100 ppm
 Sadržaj vode M = 35 wt-%
 Kisik (O_2) = 7,0 vol-% ($\lambda = 1,5$)
 Referentni sadržaj kisika $\text{O}_{2,\text{ref}}$ = 11 vol-% ($\lambda_{\text{ref}} = 2,1$)
 Konverzijski faktor f sa Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..163**
 = 1.2
 Kalibracijski plin Propan (C_3H_8) standardne gustoće = 1,62 kg/m³

Kalkulacija:

$$\begin{aligned} \text{hydrocarbon concentration} &= \text{hydrocarbon concentration wet HC}_w * \text{conversion factor } f * \text{standard density} * \frac{\lambda}{\lambda_{\text{ref}}} \\ &= 100 \text{ ppm} * 1.2 * 1.62 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{1.5}{2.1} = 139 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \text{ at } 11\% \text{ O}_2 \end{aligned}$$

Napomena: S mnogim komercijalno dostupnim mjernim instrumentima koji se temelje na IR i UV detekciji za CO , NO_x , CO_2 , kao i na temelju paramagnetizma za O_2 , mjerenje se provodi u suhom ispušnom plinu; u ovom slučaju nije potrebna pretvorba iz vlažnog u suhi ispušni plin.

20.6 Određivanje nazivne toplinske snage

Nazivna toplinska snaga je toplinski kapacitet koji sustav loženja isporučuje u kotlovnici kada sustav loženja radi pri nazivnom opterećenju. Može se mjeriti izravno pomoću mjerača topline:

$$\dot{Q}_N = (T_{\text{flow}} - T_{\text{return}}) * c_{pW} * \dot{m}_W$$

Nazivna toplinska snaga također se može odrediti učinkovitošću kotla, kalorijskom vrijednošću i protokom mase loženog goriva:

$$\dot{Q}_N = \eta_{\text{boiler}} * \text{NCV} * \dot{m}_{\text{fuel}}$$

Ako brzina protoka mase loženog goriva nije poznata, može se neizravno odrediti mjerenjem viška zraka i brzine volumetrijskog protoka zraka za izgaranje ili suhih dimnih plinova.

Sa

$$\dot{m}_{\text{fuel}} = \frac{\dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}} * \left(1 + \frac{M}{100 - M}\right)}{\lambda * V_{\text{air min}}}$$

Slijedi

$$\dot{Q}_N = \eta_{\text{boiler}} * \text{NCV} * \frac{\dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}} * \left(1 + \frac{M}{100 - M}\right)}{\lambda * V_{\text{air min}}}$$

s:	\dot{Q}_N	= nazivna toplinska snaga	[kW]
	T_{flow}	= temperatura protoka	[°C]
	T_{return}	= povratna temperatura	[°C]
	c_{pW}	= specifični toplinski kapacitet vode = 4.182	[kJ/kg K]
	\dot{m}_W	= protok mase (kotao) voda	[kg/s]
	η_{boiler}	= učinkovitost kotla	[-]
	NCV	= neto kalorijska vrijednost (niže grijanje)	[kJ/kg]
	\dot{m}_{fuel}	= maseni protok mokrog goriva	[kg/s]
	$\dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}}$	= protok volumena ispušnih plinova	[m ³ /s]
	M	= udio vode u gorivu	[wt-%]
	λ	= višak omjera zraka	[-]
	$V_{\text{air min}}$	= stehiometrijski volumen zraka za izgaranje = 4,58	[m ³ /kg _{fuel} d.b.]

Volumenski protok suhih ispušnih plinova ne može se izravno izmjeriti. Mjerenjem brzine, na pr. pomoću pitot cijevi, uz poznavanje sastava ispušnog plina, može se otkriti mokri volumni protok. Prelazak na suhi ispušni plin zahtijeva vrijednost sadržaja vode u ispušnom plinu, koja se ili određuje (izravno) u ispušnom plinu ili (izravno) preko sadržaja vode u gorivu.

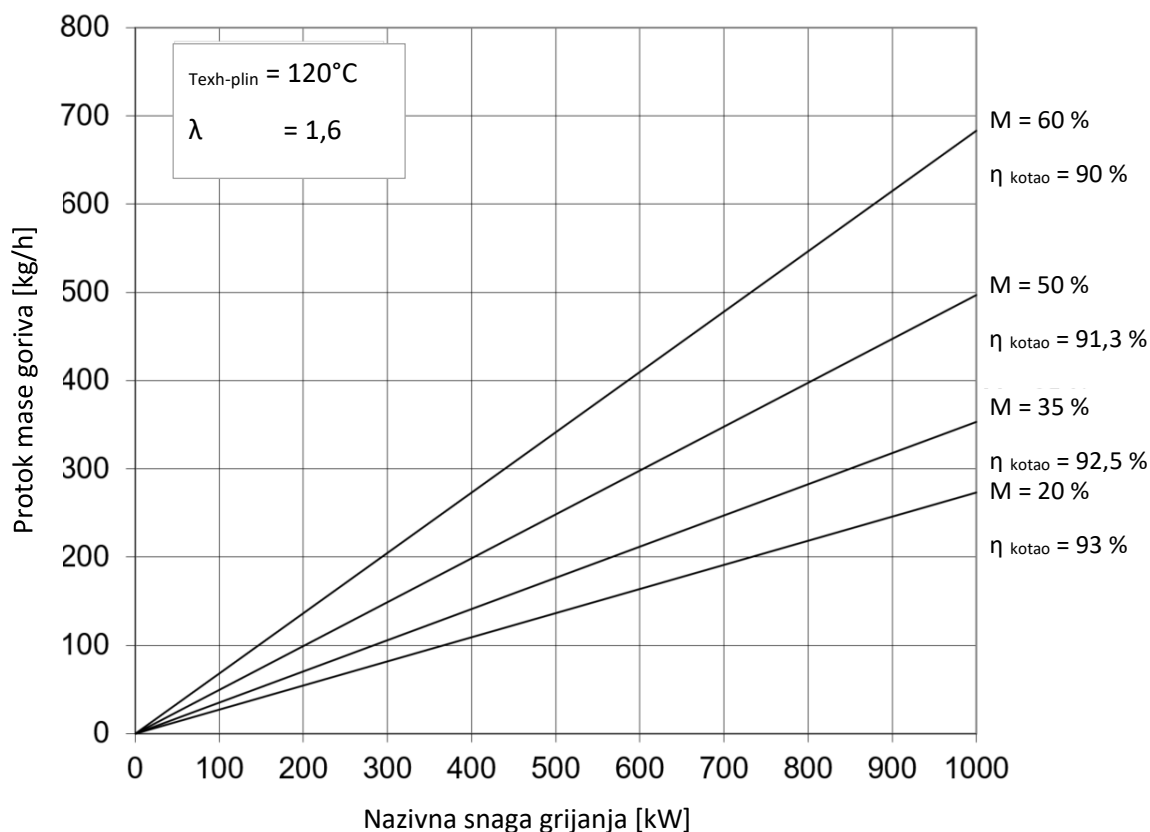
20.7 Određivanje masenog protoka goriva

Protok mase mokrog goriva u kilogramima na sat daje nominalna toplinska snaga postrojenja za izgaranje, učinkovitost kotla η_{boiler} i neto kalorijska vrijednost NCV:

$$\dot{m}_{\text{fuel}} = \frac{\dot{Q}_N}{\eta_{\text{boiler}} \cdot \text{NCV}} = \frac{3600}{1000} \cdot \frac{\dot{Q}_N}{\eta_{\text{boiler}}} \cdot \frac{1 + \frac{M}{100 - M}}{18.3 - 2.442 \frac{M}{100 - M}}$$

s:	\dot{m}_B	=	protok mase mokrog goriva	[kg/h]
	\dot{Q}_N	=	nazivna toplinska snaga	[kW]
	η_{boiler}	=	učinkovitost kotla	[-]
	NCV	=	neto kalorijska vrijednost (niže grijanje)	[MJ/kg]
	M	=	udio vode u gorivu	[wt-%]

Protok mase goriva potreban za stvaranje željene nazivne toplinske snage u osnovi ovisi o sadržaju vode ili kalorijske vrijednosti goriva.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.**1642 Maseni protok goriva kao funkcija nazivne toplinske snage

20.8 Određivanje volumena zraka za izgaranje

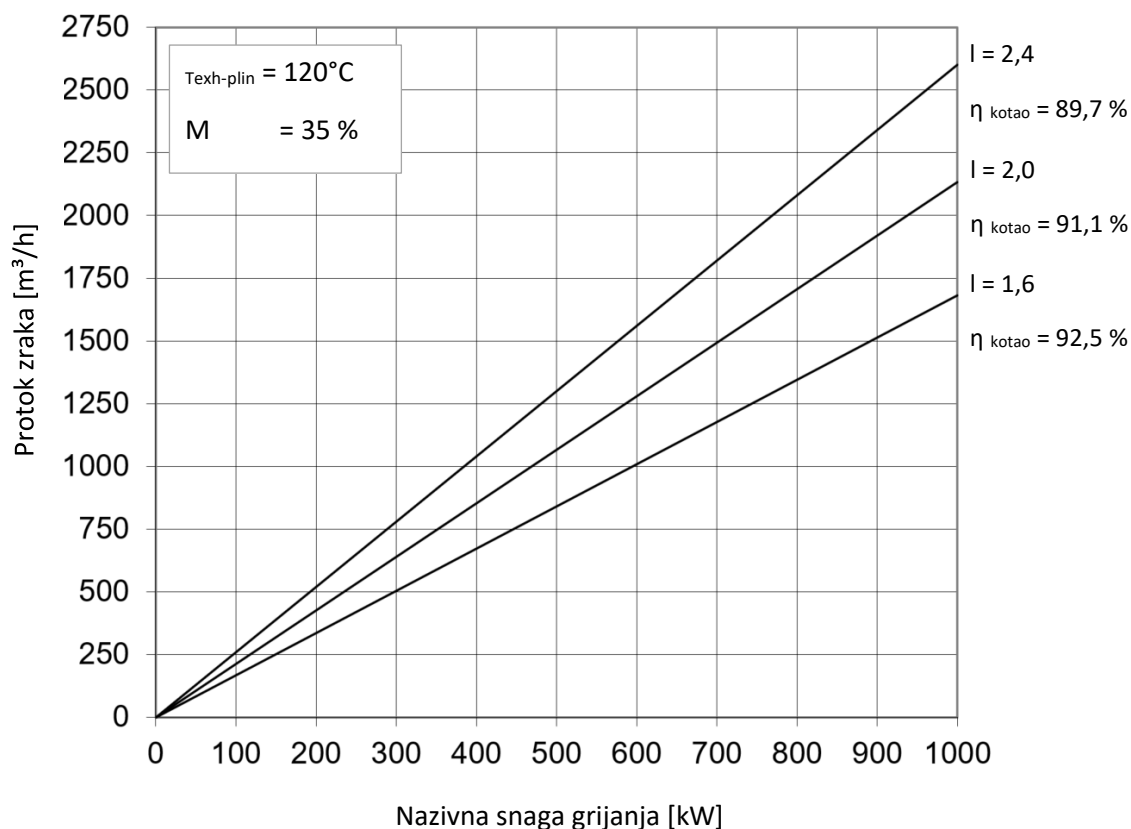
Volumen zraka za izgaranje, odnosno volumetrijski protok zraka za izgaranje približno odgovara volumetrijskom protoku suhog ispušnog plina:

$$\dot{V}_{\text{air}} \approx \dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}}$$

Stoga, prema poglavlju 20.6:

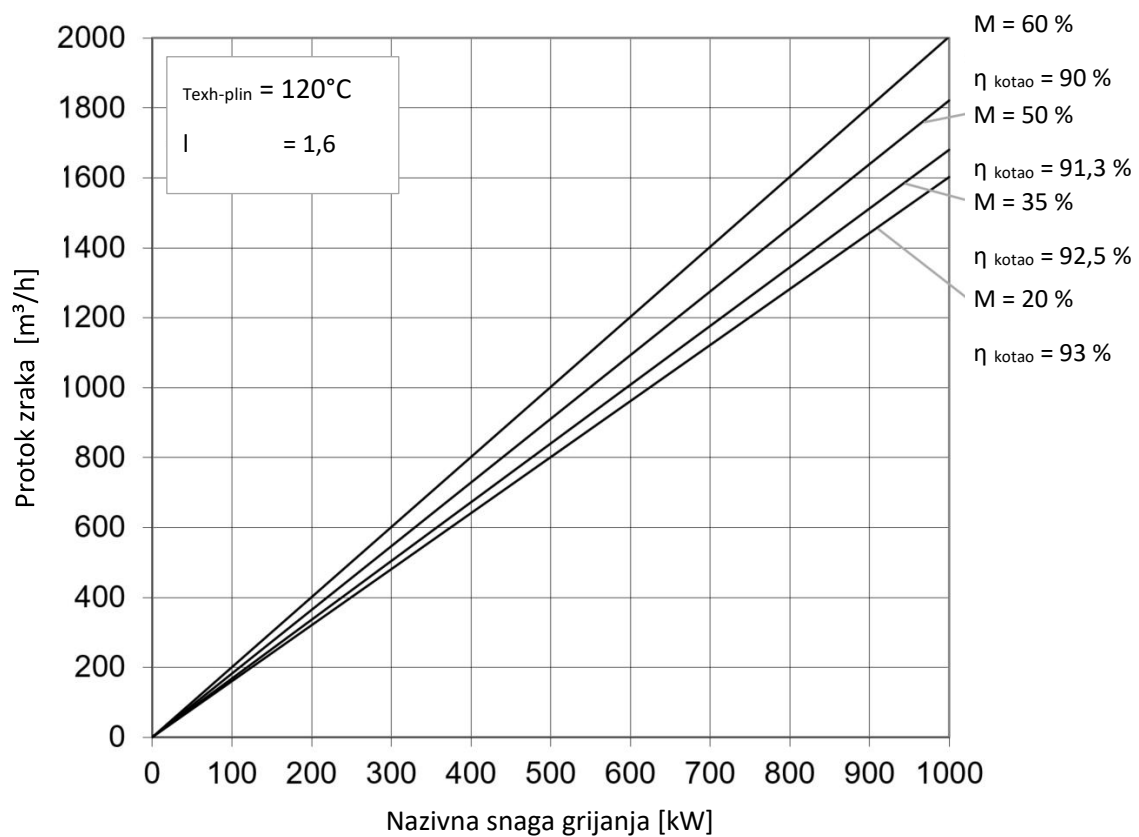
$$\dot{V}_{\text{air}} = \frac{\dot{Q}_N * 100\%}{\eta_{\text{boiler}}} * \frac{\lambda * V_{\text{air min}} * \left(1 + \frac{M}{100 - M}\right) * \frac{3600}{1000}}{18.3 - 2.442 \frac{M}{100 - M}}$$

s:	\dot{V}_{air}	=	volumen zraka za izgaranje	[m ³ /h]
	$\dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}}$	=	protok volumena ispušnih plinova	[m ³ /h]
	\dot{Q}_N	=	Nazivna toplinska snaga	[kW]
	η_k	=	učinkovitost kotla	[%]
	M	=	sadržaj vode za gorivo	[wt-%]
	λ	=	višak omjera zraka	[-]
	$V_{\text{air min}}$	=	stehiometrijski volumen zraka za izgaranje	= 4,58 [m ³ /kg _{fuel} d.b.]



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..**1653 Volumen protoka zraka za izgaranje kao funkcija nazivne toplinske snage i omjera viška zraka.

Količina zraka za izgaranje potrebna za proizvodnju željene nazivne toplinske snage ovisi o omjeru viška zraka i kalorijske vrijednosti ili sadržaja vode.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1664** Volumen protoka zraka za izgaranje kao funkcija nazivne toplinske snage i sadržaja vode u gorivu.

20.9 Određivanje protoka volumena ispušnih plinova

Protok volumena ispušnih plinova sustava biomase u standardnim uvjetima (0 °C i 1013 mbar) približno odgovara protoku volumena zraka za izgaranje potrebnom za stvaranje određene nazivne toplinske snage.

$$\dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}} \approx \dot{V}_{\text{air}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

Protok volumena ispušnih plinova u radnim uvjetima, odnosno mokri ispušni plin pri temperaturi ispušnih plinova i tlaku okoline, može se odrediti pretvaranjem iz suhog u mokri ispušni plin (vidjeti poglavlje 20.5) i pretvaranjem iz standardnih u radne uvjete:

$$\dot{V}_{\text{exh-gas}} = \dot{V}_{\text{air}} * f * \frac{273 + T_{\text{exh-gas}}}{273} * \frac{1013}{p} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

s: \dot{V}_{air} = protok volumena zraka s unutarnjim izgaranjem
[m³/h]

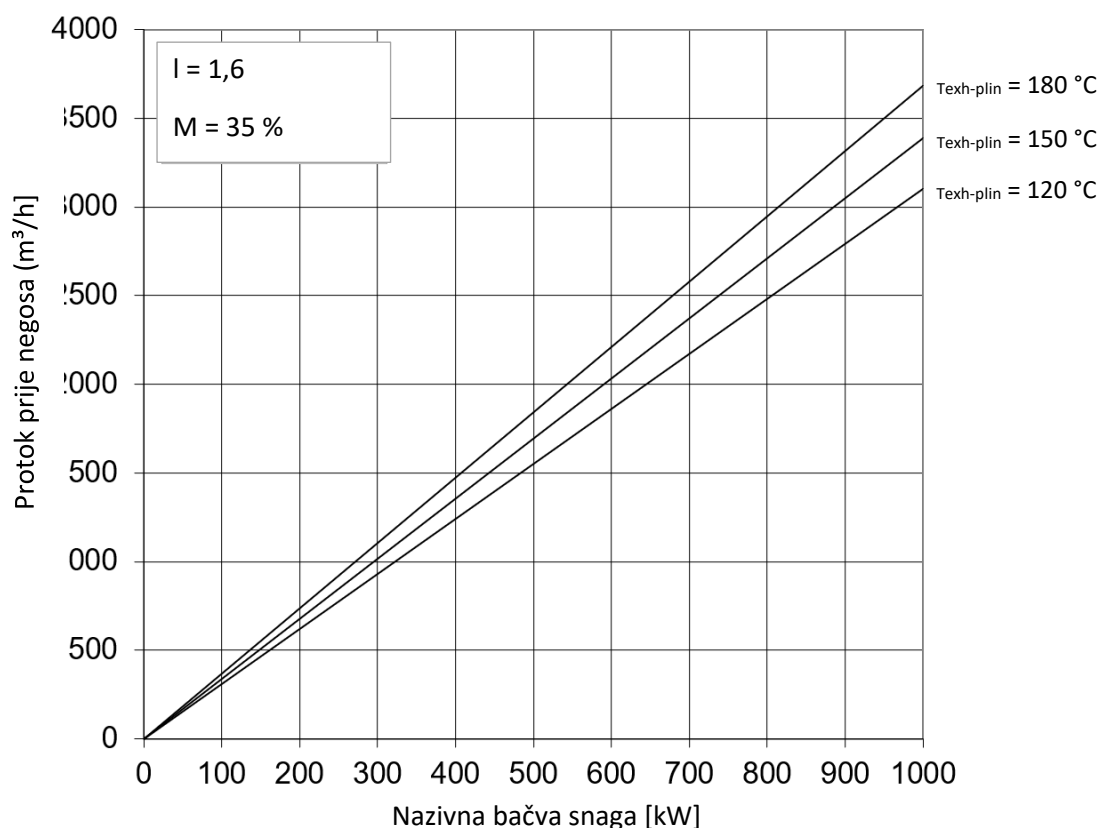
$\dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}}$ = protok volumena ispušnih plinova u standardnim uvjetima (0 °C, 1013 mbar) [m³/h]

$\dot{V}_{\text{exh-gas}}$ = protok volumena vlažnog ispušnog plina u radnim uvjetima ($T_{\text{exh-plin}}$ i p) [m³/h]

f = faktor pretvorbe, mokri ispušni plin u suhi ispušni plin [-]

$T_{\text{exh-gas}}$ = temperatura ispušnih plinova [°C]

p = tlak okoline [mbar]



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1675** Iscrpni protok volumena plina u radnim uvjetima kao funkcija nazivne toplinske snage.

20.10 Određivanje protoka mase NO_x-a

U pravilu dušikovi oksidi moraju zadovoljiti graničnu vrijednost emisije čim prijeđu specificirani maseni protok (NO_x). U Švicarskoj se, primjerice, granična vrijednost emisije od 250 mg/m³ (u odnosu na sadržaj kisika) mora poštovati čim protok mase NO_x-a prelazi 2500 g/h. Stoga je u fazi planiranja postrojenja za grijanje na biomasu važno procijeniti protok mase NO_x-a kako bi se odlučilo hoće li biti potreban postupak smanjenja NO_x-a (vidi poglavlje 13.9.213.9.2).

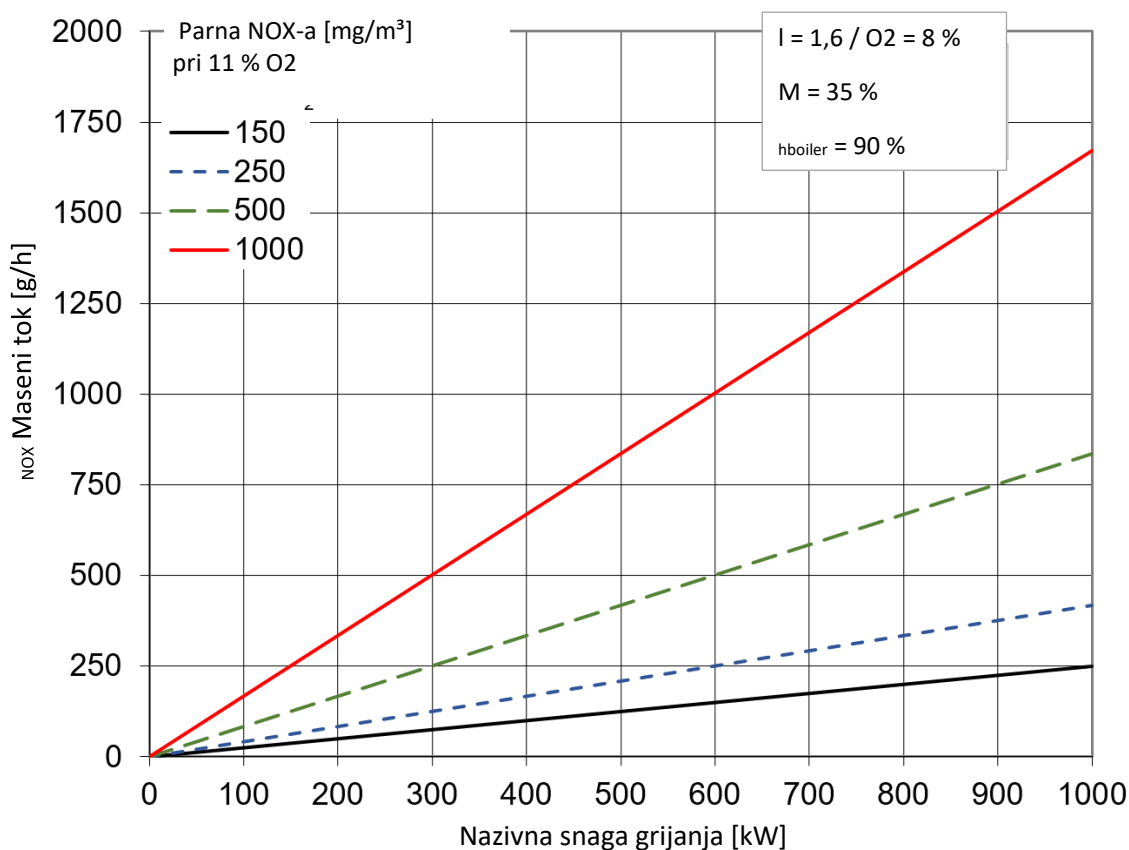
Protok mase NO_x izračunava se iz protoka volumena ispušnih plinova pri nazivnom opterećenju i koncentracije NO_x pri izmjenom sadržaju kisika:

$$\dot{NO}_x = \dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}} * \frac{NO_x}{1000} \left[\frac{g}{h} \right]$$

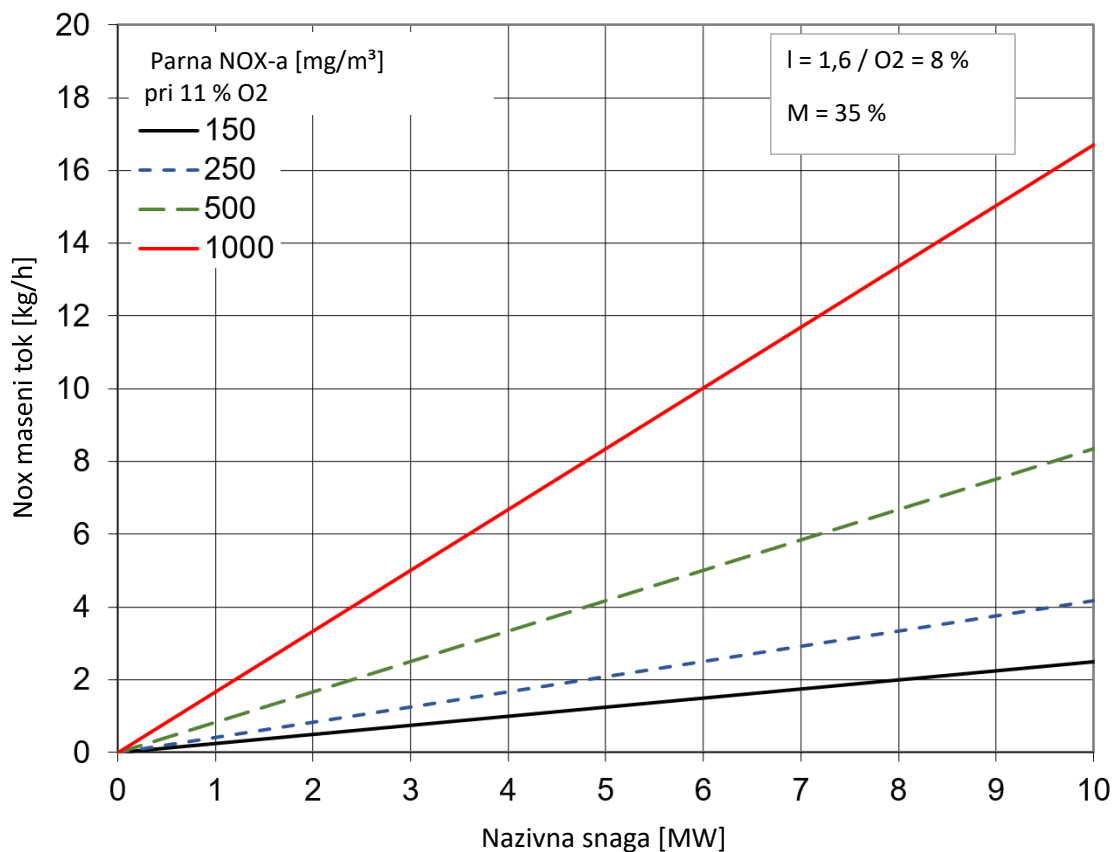
Ako koncentracija NO_x-a s izmjerenim sadržajem kisika nije poznata, može se procijeniti uporabom koncentracije NO_x s referentnim sadržajem kisika i pretpostavkom sadržaja kisika na sljedeći način:

$$NO_x = NO_{xO_2 \text{ ref}} * \frac{21 - O_2}{21 - O_{2, \text{ref}}} \left[\frac{mg}{m^3} \right]$$

s:	\dot{NO}_x	=	NO _x maseni tok	[g/h]
	$\dot{V}_{\text{exh-gas d.b.}}$	=	protok volumena ispušnih plinova na 0 °C, 1013 mbar	[m ³ /h]
	Koncentracija NO _x	=	NO _x u suhom ispušnom plinu pri izmjenom sadržaju kisika	[mg/m ³]
	Koncentracija NO _x O ₂ ref	=	NO _x u suhom ispušnom plinu pri referentnom sadržaju kisika	[mg/m ³]
	O ₂	=	sadržaj kisika (mjereno pri nazivnom opterećenju)	[vol-%]
	O _{2,ref}	=	reference sadržaj kisika	[vol-%]



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..6** 168_{NO_x} maseni protok u g/h kao funkcija nazivne toplinske snage u kW i različitim koncentracijama NO_x-a.



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1697** NO_x maseni protok u kg/h kao funkcija nazivne toplinske snage u MW i različitim koncentracijama NO_x.

20.11 Određivanje učinkovitosti izgaranja

Da bi se izračunala učinkovitost izgaranja, određuje se energetski sadržaj pojedinih komponenti dimnih plinova. Na temelju jednadžbe izgaranja drva mogu se izračunati toplinski i kemijski gubici dimnih plinova. Nussbaumer i Good [60] dobili su pojednostavljenu formulu za drvena goriva, što daje dovoljno visoku točnost za tehničke primjene. U rasponu $\text{CO} < 0,5 \text{ vol-\%}$, $\text{CO}_2 > 5 \text{ vol-\%}$, temperaturi dimnih plinova $< 400 \text{ }^\circ\text{C}$, sljedeće se odnosi na učinkovitost izgaranja sustava biomase:

$$\eta_{\text{combustion}} = 100 - L_{\text{thermal}} - L_{\text{chemical}} \quad [\%]$$

gdje: L_{thermal} = toplinski gubici zbog osjetljive topline ispušnih plinova [%]

L_{chemical} = kemijski gubici zbog nepotpunog izgaranja [%]

$$L_{\text{thermal}} = \frac{(T_{\text{exh-gas}} - T_{\text{ambient}}) * \left(1.39 + \frac{122}{\text{CO}_2 + \text{CO}} + 0.02 * \frac{M}{100 - M} \right)}{\frac{18300}{100} - 0.2442 * \frac{M}{100 - M}} \quad [\%]$$

$$L_{\text{chemical}} = \frac{\text{CO}}{\text{CO}_2 + \text{CO}} * \frac{11800}{\frac{18300}{100} - 0.2442 * \frac{M}{100 - M}} \quad [\%]$$

$$\text{Lambda } \lambda: \lambda = \frac{21}{21 - \text{O}_2 + 0.4 \text{ CO}} = \frac{20.4}{\text{CO}_2 + \text{CO}} \quad [-]$$

Ako se umjesto CO_2 mjeri O_2 : $\text{CO}_2 = 0,98 (21 - \text{O}_2) - 0,61 \text{ CO}$ [vol-%]

s:	$T_{\text{exh-gas}}$	= temperatura ispušnih plinova	[°C]
	T_{ambient}	= temperatura okoline	[°C]
	O_2	= koncentracija kisika	[vol-%]
	CO_2	= koncentracija ugljičnog dioksida	[vol-%]
	CO	= koncentracija ugljičnog monoksida	[vol-%]
	u	= sadržaj vlage u drvu u odnosu na apsolutno suho drvo	[wt-% d.b.]
	M	= Sadržaj vode u vlažnom drvu	[wt-% w.b.]
	λ	= višak omjera zraka	[-]

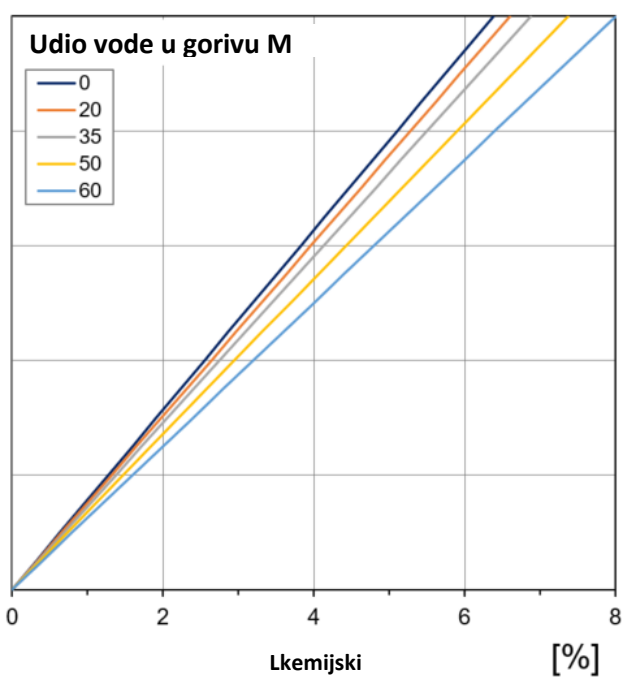
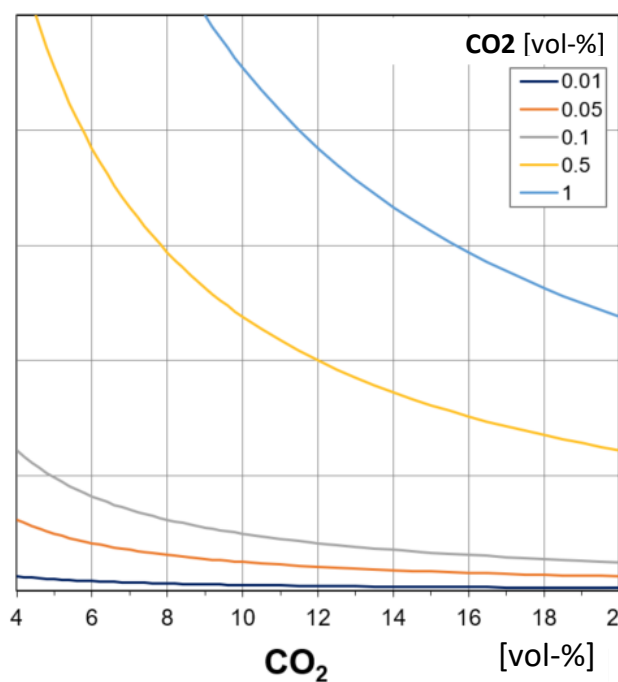
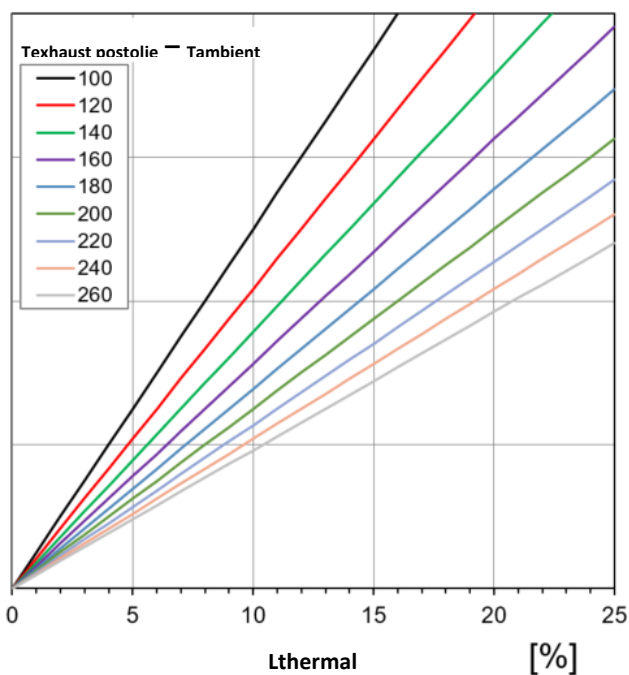
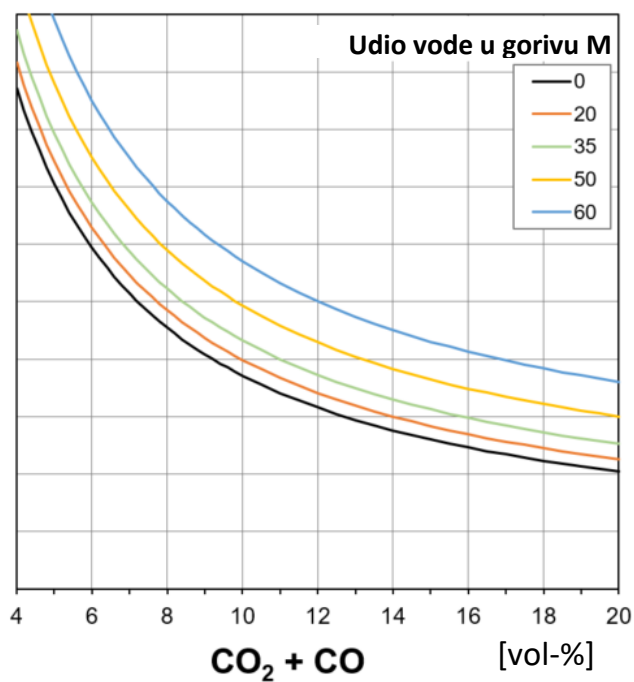
Napomena: Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..170** koristi sadržaj vlage u gorivu u . Da biste izračunali sadržaj vlage iz sadržaja vode M , može se koristiti sljedeća pretvorba:

$$u = \frac{M}{1 - M} \quad [-]; \quad u = \frac{M}{100 - M} \quad [\%]$$

ili

$$M = \frac{u}{1 + u} \quad [-]; \quad M = \frac{u}{100 + u} \quad [\%]$$

Ova metoda pruža usporedive vrijednosti s izračunom prema DIN EN 14394:2008-12 [146]. Ako je potrebno, formula se može prilagoditi za goriva sa kompozicijama koje odstupaju od drva [60]. Brza procjena numeričkih vrijednosti može se izvesti i grafički s odgovarajućim nomogramima (Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..170**).



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..1708** Nomogrami za određivanje učinkovitosti izgaranja
 $\eta_{\text{komusijom}} = 100 - L_{\text{thermal}} - L_{\text{chemical}} [\%]$.

20.12 Određivanje godišnje učinkovitosti

Sljedećom metodom izračuna godišnja učinkovitost η_a može se odrediti s točnošću od približno $\pm 5\%$, pod uvjetom da je u krugu kotla dostupan mjerač topline (brojilo). Godišnja učinkovitost ovisi o gubicima, iskorištenosti α i prosječnoj razini opterećenja (L) loženja. Izračun pretpostavlja peč s učinkovitošću kotla $\eta_{\text{od temelju prosječnih radnih parametara}}$. Za sustave loženja s drugim radnim parametrima, učinkovitost kotla η_{boiler} podešava se pomoću korekcijskih uvjeta. S faktorom opterećenja α , učinkovitosti kotla η_{boljeg} i prosječne razine opterećenja L , može se izračunati godišnja učinkovitost η [136][136][147][147]).

Pretpostavlja se da je učinkovitost kotla η_k konstantna u cijelom rasponu opterećenja. Veći relativni udio gubitaka zračenja u radu s djelomičnim opterećenjem kompenzira se nižim temperaturama dimnih plinova.

Faktor iskorištenosti α

$$\alpha = \frac{\text{Operating time firing}}{\text{Switch-on duration firing}} = \frac{t_{\text{Operation}}}{t_{\text{On}}} [-]$$

Trajanje uključivanja uključuje redovno vrijeme rada i vrijeme pripravnosti (održavanje žarnice) sustava za loženje između vremena na početku razdoblja grijanja i gašenja na kraju razdoblja grijanja. Vrijeme rada i vrijeme čekanja obično se bilježe pomoću brojača radnih sati ili putem PLC kontrole.

Učinkovitost kotla η_{boiler}

Učinkovitost kotla η_{bolje} za automatsku peč na drvenu sječku sa sljedećim radnim parametrima jednaka je:

Radni parametri:	Temperatura ispušnih plinova	$T_{\text{exh-gas}}$	=	120 °C
	Omjer viška zraka	λ	=	1,6
	Udio vode u gorivu	M	=	38 wt-%
	Vlaga drva	u	=	60 % d.b.
	Učinkovitost izgaranja	$\eta_{\text{komuscija}}$	=	93 % (nomogram na Slika Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..170)
	Gubici	q_{rad}	=	1,5 %
	Učinkovitost kotla	η_{boiler}	=	$\eta_{\text{kombinacija}} - q_{\text{rad}} = 93 - 1,5 = 91,5 \%$

Eventualna postojeća razlika realnog u odnosu na pretpostavljene gubitke zračenja q_{rad} od 1,5% može se dodati ili oduzeti izravno učinkovitosti kotla η_{boiler} . Ako se ne zna q_{rad} gubitaka zračenja, može se pretpostaviti otprilike da oni iznose polovicu gubitaka u stanju mirovanja q_{standby} . Za ostale radne parametre primjenjuju se sljedeći ispravci:

po Δu	=	10% vlažno drvo	0,4% niža učinkovitost kotla η_{bolji}
po $\Delta \lambda$	=	0,1 veći višak zraka	0,6% niža učinkovitost kotla η_{bolji}
po $\Delta T_{\text{exg-gas}}$	=	10°C viša temperatura ispušnih plinova	1,0% niža učinkovitost kotla η_k

Ukupni zbrojevi ispravaka primjenjuju se i u obrnutom smjeru.

Prosječna razina opterećenja L

Prosječna razina opterećenja L na kojoj kotao radi u prosjeku tijekom radnog vremena može se izračunati na sljedeći način:

$$L = \frac{\Delta H M * 100\%}{\dot{Q}_N * t_{\text{Operation}}} \quad [\%]$$

s:	$\Delta H M$	=	konačna vrijednost mjerača topline - početna vrijednost mjerača topline	[kWh]
	$t_{\text{Operacija}}$	=	Vrijeme rada kotla	[h]
	\dot{Q}_N	=	Nazivna toplinska snaga	[kW]

Gubici u stanju pripravnosti q_{standby}

Gubici u stanju pripravnosti nastaju u fazama pripravnosti, odnosno nakon svakog isključivanja kotla na biomasu. Oni uključuju gubitke zbog hlađenja kotla na biomasu i unos goriva (održavanje žara u kotlu) kako bi kotao na biomasu bio spreman za rad. Gubici u stanju mirovanja niži su za manje kotlove na biomasu bez održavanja rešetke za žar (standardni uređaji s automatskim paljenjem), a veći za veće kotlove na biomasu s održavanjem rešetke za žar (industrijski kotlovi).

Za modernu biljku srednje veličine, gubitak u stanju mirovanja iznosi oko 3%. Podaci u Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..47** mogu se koristiti kao smjernice za druge veličine biljaka.

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..47** Vodeće vrijednosti za gubitke u stanju mirovanja q_{standby} .

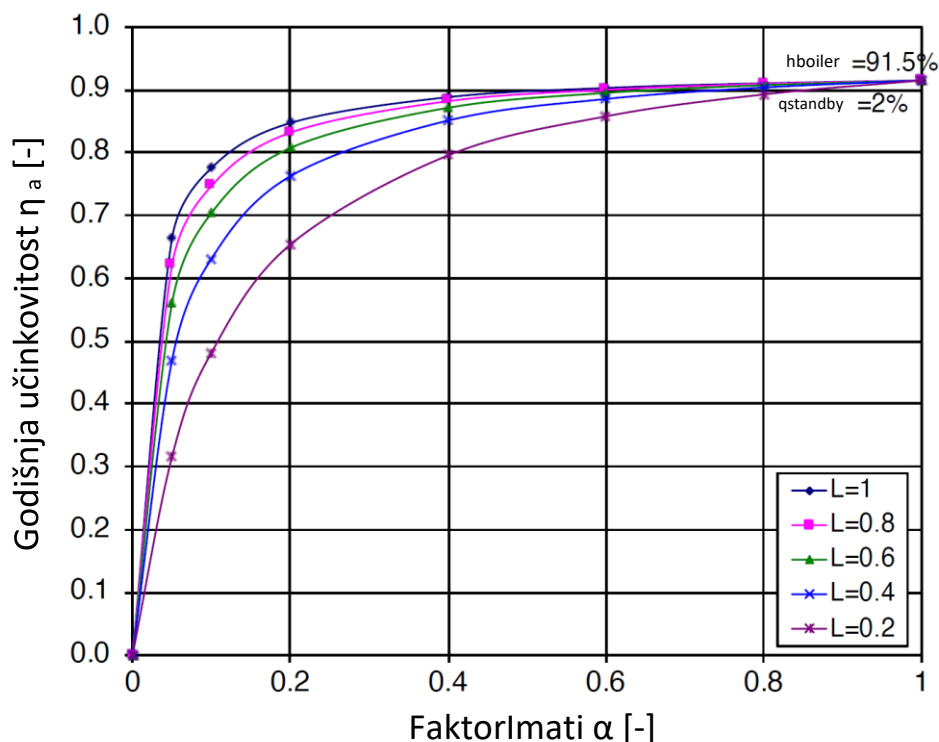
Vrsta paljenja	Gubici u stanju pripravnosti q_{standby}
Uređaj serije do 300 kW	$q_{\text{standby}} \geq 1\% - 3\%$
Industrijski kotlovi do 300 kW	$q_{\text{standby}} \geq 3\% - 5\%$
Industrijski kotlovi > 300 kW	$q_{\text{standby}} \geq 1\% - 3\%$

Godišnji faktor iskorištenosti η_a

S vremenskim opterećenjem α , učinkovitošću kotla η_{boiljom} , gubicima u stanju mirovanja q_{standby} i prosječnom razinom opterećenja L , godišnja učinkovitost η_a može se izračunati formulom u nastavku kako slijedi (vidi Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 171**):

$$\eta_a = \eta_{\text{boiljom}} \frac{1}{1 + \frac{q_{\text{standby}} * (1 - \alpha)}{L * \alpha}} \quad [\%]$$

- S:
- α = faktor iskorištenosti [-]
 - η_{boiljom} = učinkovitost kotla [%]
 - q_{standby} = gubici u stanju mirovanja [%]
 - L = prosječna razina opterećenja [%]



Slika **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila.. 171** Višegodišnja učinkovitost kotla na biomasu kao funkcija njegove uporabe [147]
s η_{boiljom} ... učinkovitost kotla; q_{standby} ... gubici u stanju pripravnosti; L ... prosječna razina opterećenja.

Primjer izračuna

Mjerenje toplinskog razdoblja

Razlika u toplini

Mjerenje jednog toplinskog razdoblja

$\Delta HM = 997.647 \text{ kWh}$

Učinkovitost kotla

Nominalna učinkovitost kotla

Omjer viška zraka

Temperatura ispušnih plinova

Vlaga u drvu

Udio vode u drvu

Gubici zračenja

Gubici u stanju mirovanja

Trajanje uključivanja

Vrijeme rada kotla

700 kW

$\lambda = 1,6$

$T_{\text{exh-gas}} = 120 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$u = 60 \text{ \% d.b.}$

$M = 38 \text{ wt-\%}$

$q_{\text{rad}} = 1,5 \text{ \%}$

$q_{\text{standby}} = 2,0 \text{ \%}$

Razdoblje zagrijavanja

2,036 h

Izračun faktora iskorištenosti α :

Trajanje uključivanja: Razdoblje grijanja: od 15. rujna do 4. travnja = 202 dana = 4.848 h; Radno vrijeme: 2.036 h

$$\alpha = \frac{\text{Operating time firing}}{\text{Swit-on duration firing}} = \frac{2,036 \text{ h}}{4,848 \text{ h}} = 0.42$$

Određivanje učinkovitosti kotla η odlučilo:

Učinkovitost izgaranja $\eta_{\text{komuscija}} = 93\%$ (određivanje s nomogramom Slika
Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..170)

Gubici zračenja $q_{\text{rad}} = 1,5\%$

Učinkovitost kotla $\eta_{\text{boiler}} = 93\% - 1,5\% = 91,5\%$

Izračun prosječne razine opterećenja L:

$$L = \frac{\Delta HM * 100\%}{\dot{Q}_N * t_{\text{Operation}}} = \frac{997,647 \text{ kWh} * 100\%}{700 \text{ kW} * 2,036 \text{ h}} = 70\%$$

Izračun godišnjeg faktora iskorištenosti η_a

$$\eta_a = \eta_{\text{boiler}} \frac{1}{1 + \frac{q_{\text{standby}} * (1 - \alpha)}{L * \alpha}} = 91.5\% * \frac{1}{1 + \frac{2\% * (1 - 0.42)}{70\% * 0.42}} = 88\%$$

20.13 Zajedničke jedinice i konverzije

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..48** Zajedničke mjerne jedinica za kruta goriva iz biomase. Za Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..49**.

Simbol	Značenje
m ³	Kubični metar (čvrsta masa drva bez međuprostora), 1 m ³ = 1 fm ≈ 2,5 ... 2,8 LCM
Fm	Čvrsti kubični metar (čvrsta masa drva bez međuprostora), 1 fm = 1 m ³ ≈ 2,5 ... 2,8 LCM
LCM	Nasipni kubični metar, CH: Schnitzelkubikmeter S ^{m3} , AT/GE: Schüttraummeter Srm
Čvrsti kubični metar	1x1x1 m složeni trupci (s razmacima) = 0,7 fm = 0,7 m ³

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..49** Tablica pretvorbe (vrijednosti za drvo s M = 15 %).

	Meko drvo WH Jela	Tvrdo drvo HH Bukva
Masivno drvo	2.5 ... 2,8 LCM	2.5 ... 2,8 LCM
1 m ³ = 1 čvrsti kubični metar (fm) odgovara	1,4 kubična metra 550 kg drva 200 litara lož ulja dodatno svjetlo 2000 kWh 7200 MJ	1,4 kubična metra Drvo od 750 kg 280 litara lož ulja dodatno svjetlo 2800 kWh 10080 MJ
Drvena sječka	0,36 m ³ (fm)	0,36 m ³ (fm)
1 labav kubični metar (LCM) odgovara	0,5 kubičnih metara 160 - 200 kg drva 70 litara lož ulja dodatno svjetlo 700 kWh 2520 MJ	0,5 kubičnih metara 250 - 270 kg drva 100 litara lož ulja dodatno svjetlo 1000 kWh 3600 MJ

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..507** Prefiksi i njihovi simboli

Kilo	k	10 ³		
Mega	M	10 ⁶	Megavat sat:	1 MWh = 1.000 kWh
Giga	G	10 ⁹	Gigawatt sat:	1 GWh = 1 milijun kWh
Tera	T	10 ¹²	Terawatt sat:	1 TWh = 1 milijarda kWh
Peta	P	10 ¹⁵		
Exa	E	10 ¹⁸		

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..518** Jedinice za energiju i snagu

Joule	J	za energiju, rad, količinu topline	Obvezujuće za Njemačku kao pravne jedinice od 1978.
Vat	W	za snagu, protok energije, protok topline	Kalorije i jedinice dobivene iz njega, kao što su jedinica tvrdog ugljena i jedinica sirove nafte, još uvijek se koriste kao alternativa.

1 Joule (J) = Newton metar (Nm) = 1 Wattsecond (Ws)

Tablica **Pogreška! U dokumentu nema teksta navedenog stila..529** Konverzijski čimbenici za energetske jedinice

		Kj	Kcal	kWh	Brojke se odnose na neto kalorijsku vrijednost.
1 Kilojoule	Kj	1	0.2388	0.000278	
1 Kilokalorie	kcal	4.1868	1	0.001163	
1 kilovat sati	kWh	3,600	860	1	
1 kg jedinice tvrdog ugljena (njemački: Steinkohleneinheit)	SKE	29,308	7,000	8.14	
1 kg sirove nafte (njemački: Rohöleinheit)	ROE	41,868	10,000	11.63	

21 Pojmovnik

Termin	Značenje
Ambijentalna toplina, ekološka toplina	Toplina okoline ili toplina okoliša je obnovljivi i prirodni oblik energije koji je široko dostupan i obično se javlja na relativno niskim temperaturama. Izvori ambijentalne topline su zrak, gornje tlo, kao i podzemne vode, jezero i riječna voda. S toplinskim crpkama, toplina okoline može se podići na višu razinu temperature i učiniti upotrebljivom. To zahtijeva opskrbu visokokvalitetnom energijom u obliku električne energije ili visoke temperature topline iz drugog izvora. Toplina okoliša iz dubokog geotermalnog ili vulkanskog podrijetla također može pružiti izravno upotrebljivu toplinu na višoj temperaturnoj razini.
Godišnji COP	Godišnji COP (koeficijent učinkovitosti) opisuje omjer godišnje proizvodnje topline i električne ili toplinske energije koja se isporučuje toplinskoj pumpi u istom razdoblju. Na taj se način opisuje učinkovitost toplinske crpke tijekom duljeg radnog razdoblja za razliku od trenutne vrijednosti koeficijenta učinkovitosti (vidjeti i koeficijent performansi).
Godišnja potražnja za toplinskom toplinom	Godišnja potražnja potrošača za toplinom godišnja je korisna potražnja za toplinom na mjestu prijenosa topline. Za mrežu centraliziranog grijanja godišnja potražnja za toplinom je potražnja na mjestu ponude (sučelje između proizvodnje topline i mreže za distribuciju topline), a uključuje i gubitke topline mreže centraliziranog grijanja.
Godišnja proizvodnja topline	Godišnja proizvodnja topline zbroj je proizvodnje topline svih postrojenja za proizvodnju topline (neovisno o izvoru energije) u jednoj godini.
Godišnje radno vrijeme	Učinkovit broj sati godišnje tijekom kojih se upravlja postrojenjem. Za razliku od radnog vremena punog opterećenja, brojanje godišnjih radnih sati neovisno je o odgovarajućem stanju opterećenja, odnosno godišnji radni sat s kapacitetom od 50 % smatra se godišnjim radnim satom (usp. punim radnim vremenom).
Osnovno opterećenje, pokrivenost osnovnim opterećenjem	Osnovno opterećenje odnosi se na potrebnu stalnu snagu, odnosno tijekom cijelog radnog razdoblja (sezona grijanja ili cijela godina (8760 sati)). Osnovno opterećenje mreže centraliziranog grijanja sastoji se od sezonski neovisnog toplinskog kapaciteta koji zahtijevaju potrošači (npr. za grijanje tople vode u kućanstvu, procesnu toplinu itd.) i gubitaka mreže. Pokrivenost baznim opterećenjem odnosi se na jedinicu za proizvodnju topline koja se prvenstveno koristi za pokrivanje osnovnog opterećenja (npr. CHP sustav).
Biomasa (drvena goriva)	Biomasa obuhvaća svu organsku tvar koju proizvode biljke, životinje i ljudi. Biomasa u energetske svrhe potječe od poljoprivrede, šumarstva i biogenih ostataka (otpada). Biomasa pogodna za izgaranje naziva se biogeno kruto gorivo kao što je drvenasta biomasa (šumski ostaci, sitno dimenzionirano drvo, industrijski ostaci,...), stabljika biomasa (slama, ...) i drugi (biljke cjelovitog zrna, ljuske, koštice, ...). Za razliku od izgaranja, biomasa se također može energetski koristiti fermentacijom. U tu svrhu koriste se fermentabilna, odnosno ne-drvenasta biomasa kao što su tekući gnoj, gnoj, kukuruz i silaža trave te razni biogeni ostaci iz poljoprivrede, prehrambene industrije, pa čak i biootpada.
Bivalentna proizvodnja topline	Proizvodnja topline s najmanje dva različita nositelja energije; u kontekstu QM Sustava za upravljanje kvalitetom za centralizirane toplinske sustave na biomasu, bivalentno se odnosi prvenstveno na centralno toplanu s jednim ili više kotlova na biomasu i sigurnosnu kopiju fosilnih goriva za pokrivanje vršnih opterećenja i rezervu kvarova. Međutim, u širem smislu odnosi se na bilo koju vrstu sustava za proizvodnju topline koji koristi 2 ili više različitih izvora energije (npr. drvo i solarna toplinska energija, drvo i otpadna toplina itd.).
Učinkovitost kotla	Korisna energija koju proizvodi kotao (na vodenoj strani) podijeljena je s energijom isporučenom s neto kalorijskom vrijednošću goriva. Određuje se ili za stacionarno stanje bez učinaka skladištenja (npr. u slučaju automatskih sustava za loženje) ili tijekom cijelog postupka izgaranja (npr. u slučaju ručno ubačenih sustava za loženje).
Temperatura ulaza u kotao	Temperatura medija za prijenos topline izmjerena u cijevi izravno na ulazu u kotao (smanjenje temperature povratnog protoka kotla!).
Temperatura izlaza kotla	Temperatura medija za prijenos topline izmjerena u cijevi izravno na izlazu iz kotla. Temperatura izlaza kotla je osnovna kontrolna varijabla za kotao.
Koeficijent uspješnosti (COP)	Koeficijent performansi (COP) je omjer generirane korisne toplinske snage i isporučenog unosa električne ili toplinske energije toplinske crpke. Opisuje trenutnu vrijednost ili vrijednost određenu tijekom razdoblja kratkoročnog promatranja. Termodinamički (teoretski) maksimalni ostvarivi koeficijent performansi naziva se Carnot-COP. To se može pretvoriti u stvarni COP toplinske pumpe pomoću faktora kvalitete specifičnog za proizvod. Godišnji faktor uspješnosti upotrebljava se za evaluaciju tijekom duljeg razdoblja promatranja (vidi godišnji faktor uspješnosti).
Kombinirani ventil	Kombinirani ventili su posebni ventili koji se uglavnom koriste u stanicama za prijenos centraliziranog grijanja kako bi se ograničila brzina protoka, kao i kontrolirao diferencijalni tlak sa samo jednim ventilom. Maksimalna moguća brzina protoka, a time i maksimalni kapacitet (= pretplaćeno povezano opterećenje) prijenosne stanice postavlja se putem podesivog limitatora brzine protoka. Nadalje, diferencijalni tlak, a time i brzina protoka na primarnoj strani, kontroliraju se ovisno o izmjerenoj sekundarnoj temperaturi protoka kako bi se postigla potrebna postavljena temperatura protoka na sekundarnoj strani.
Kombinirana elektrana na toplinu i energiju (CHP)	Postrojenje za proizvodnju energije za istovremenu proizvodnju toplinske i električne energije. U tu svrhu koriste se toplinski strojevi kao što su ORC sustav ili plinski motor, pri čemu se uz električnu energiju proizvodi upotrebljiva toplina. Kompaktna postrojenja s motorima ili malim plinskim turbinama nazivaju se i blok-

Termin	Značenje
	termoelektranama ili blok toplanama, dok se termoelektrane s iskorištenošću otpadne topline nazivaju kombiniranim termoelektranama i kogeneracijskim postrojenjima (vidjeti poglavlje 13.6.3.).
Istodobnost (faktor uobraženosti)	U mreži grijanja, istodobnost opisuje učinak da, u slučaju velikog broja potrošača topline, nikada ne izvlače maksimalnu ugovorom zajamčenu toplinsku snagu u isto vrijeme. Faktor prisustva je 1 za jednog potrošača topline i postaje manji od 1 za nekoliko potrošača topline. U njemu se opisuje omjer između efektivno očekivane maksimalne potražnje za toplinskim kapacitetom svih potrošača toplinske energije i njihova ukupnog pretplaćenog povezanog opterećenja.
Povezano opterećenje (pretplaćeno povezano opterećenje)	Povezano opterećenje ili prijavljeno povezano opterećenje ugovorno je dogovorena maksimalna potražnja za toplinom potrošača topline (kupca centraliziranog grijanja) spojenog na mrežu centraliziranog grijanja. Povezano opterećenje (također ukupno povezano opterećenje) mreže centraliziranog grijanja zbroj je povezanih opterećenja svih potrošača topline.
Instalacija potrošača	Instalacija potrošača sastoji se od distribucijskog sustava u zgradi za raspodjelu prostora i procesne topline, kao i tople vode za kućanstvo.
Procjena potražnje	Procjena potražnje analiza je potražnje za energijom i energijom za toplinu (grijanje prostora, topla voda i procesna toplina), strukturne situacije za usmjeravanje i potencijalnog područja opskrbe toplinskom energijom (vidi poglavlje 11).
Projektiranje	Faza projekta u kojoj se planira i definira tehničko rješenje projekta. U CH se to naziva i "predprojekt", dok se u DE i AT ponekad naziva i planiranje sustava i integracije.
Centralno grijanje	Centralno grijanje opisuje opskrbu priključenim kupcima cjevovodnom toplinom s centralizirano proizvedenom toplinom iz jednog ili više centara za grijanje. Cjevovodni sustav sa svom potrebnom dodatnom opremom (isključujući proizvodnju) naziva se mreža centraliziranog grijanja. Voda (samo rijetko para) koristi se kao medij za prijenos topline za prijenos topline putem centralnih crpki za centralno centralizirano grijanje i zatvorenog cjevovodnog kruga do stanica za prijenos topline. Mreže centraliziranog grijanja pokrivaju širok raspon performansi s povezanim opterećenjima od manje od 100 kW do preko 1 GW.
Lokalna energija	Za manje mreže ponekad se koristi pojam lokalna toplina (lokalne mreže grijanja) (osobito u AT i DE), pri čemu nema temeljnih tehničkih razlika osim veličine postrojenja. U Njemačkoj se koristi za opisivanje prijenosa topline za grijanje i toplu vodu između zgrada kapaciteta između 50 kW i nekoliko megavata [78]. Minergie također koristi izraz lokalno grijanje kada postrojenje za proizvodnju topline opskrbljuje nekoliko zgrada ili građevinskih kompleksa, iako ne mora nužno postojati prodaja trećim stranama [148][148] [®] . Ne postoji jedinstvena definicija ili granica između lokalnog i centraliziranog grijanja i oba pojma se koriste u ovom priručniku za planiranje. U međunarodnoj jezičnoj uporabi ta razlika ne postoji. Ostali sinonimi za mrežu centraliziranog grijanja su mreža za distribuciju topline, toplinska mreža, toplinska mreža ili lokalna mreža grijanja.
Dvostruka cijev	Poseban način izgradnje tvornički predizolirane cijevi za centralno grijanje. Protočne i povratne cijevi (servisne cijevi) ugrađuju se u zajedničku plastičnu cijev za kućište s PUR pjenom kao toplinskom izolacijom. Dostupne su krute i fleksibilne verzije s čeličnom srednjom ili plastičnom srednjom cijevi.
Ekonomizator	Ekonomizator je izmjenjivač topline za povrat topline korištenjem otpadne topline iz širokog raspona termodinamičkih ili industrijskih procesa. U tehnologiji pečenja i kotlova, ekonomizator se koristi za oporavak topline iz vrućeg dimnog plina nizvodno od kotla, čime se smanjuje temperatura dimnih plinova i povećava učinkovitost cjelokupnog postrojenja.
Efikasnost	Učinkovitost tehničkog sustava opisuje omjer između korisne energije i isporučene energije. U stabilnim uvjetima bez učinaka skladištenja, učinkovitost se također može odrediti kao omjer između korisne snage i isporučene snage. U ovom priručniku pojam učinkovitost koristi se za trenutnu vrijednost određenu snagom ili vrijednošću određenom tijekom kratkog razdoblja promatranja. Za procjenu rada postrojenja tijekom duljeg vremenskog razdoblja faktor iskorištenosti opisuje omjer između korisne snage sažete tijekom određenog razdoblja i isporučene snage sažete tijekom istog razdoblja (vidi faktor iskorištenosti).
Indeks energetske učinkovitosti (EII)	Osnova za određivanje modela crpki koji će se u budućnosti moći koristiti je takozvani indeks energetske učinkovitosti (EEI). Određuje se prema metodi izračuna definiranoj u Uredbi (EZ) 641/2009. Prosječna učinkovitost crpke, određena profilom opterećenja, razmatra se u odnosu na referentnu crpku, odnosno prosječnu crpku iste hidrauličke snage.
Referentno područje za energiju	Referentno područje za energiju važan je pokazatelj zgrade i zbroj je svih nadzemnih i ispodzemnih površina zgrade u kojoj je potrebno grijanje ili klimatizacija. Referentno područje energije izračunava se bruto, odnosno iz vanjskih dimenzija, uključujući ograničavajuće zidove i parapete. Za odstupanje sobne temperature, visoke prostorije itd., Postoje korekcijski čimbenici specifični za pojedine zemlje. Kao aproksimacija, zagrijana bruto površina poda može se uzeti kao referentno područje energije.
Faza izvršenja	Faza projekta u kojoj se odvija realizacija postrojenja. Tijekom izvođenja/realizacije potrebno je provesti stručni nadzor građenja ili nadzor lokalne gradnje.
Sagorijevanje u sloju (gorivo)	U tehnologiji izgaranja, sagorijevanje u sloju se odnosi na gorivo u obliku jednoličnog rasutog tereta na rešetki za izgaranje ili u komori za izgaranje.

Termin	Značenje
Radno vrijeme punog opterećenja i broj radnih sati punog opterećenja	Broj punih radnih sati godišnji je energetski zahtjev podijeljen s nominalnom toplinskom snagom. To je važan parametar za dimenzioniranje sustava za pojedinog potrošača (broj punih radnih sati za potrošače topline), kotao ili cijelu proizvodnju topline. Puni radni sat odgovara, na primjer, jednom satu rada pri nazivnom opterećenju ili dva radna sata pri opterećenju od 50 %, a primjenjuje se sljedeće: broj punih radnih sati \leq broj godišnjih radnih sati (vidjeti godišnje radno vrijeme).
Geografski informacijski sustav (GIS)	Aplikacija za obradu podataka za prikupljanje, obradu, organizaciju, analizu i prezentaciju prostornih podataka. Za planiranje mreža centraliziranog grijanja može se koristiti za određivanje proizvodnog postupka, uzimajući u obzir geografske uvjete i sve druge postojeće sustave opskrbe (voda, plin, električna energija itd.). Osim toga, GIS se može koristiti i za procjenu lokalnih potreba za energijom i energijom.
Gradijent	Minimalna temperaturna razlika između toplinskog, vrućeg medija i hladnijeg medija koji apsorbira toplinu na izmjenjivaču topline. Između ostalog, koristi se za određivanje tehničke kvalitete procesa prijenosa topline. U pravilu bi ta temperaturna razlika trebala biti što niža (npr. posebno u slučaju stanica za prijenos centraliziranog grijanja kako bi se postigla niska povratna temperatura u mreži grijanja). Međutim, pri projektiranju izmjenjivača topline moraju se procijeniti koristi i troškovi (zbog većih površina izmjenjivača topline).
Potrošač topline, (povezani) kupac	Zgrade/nekretnine (i njihovi vlasnici) priključeni su na mrežu centralnog grijanja koja prima toplinu iz mreže grijanja ili centralne toplane (a time i od poduzeća za opskrbu toplinskom energijom) u skladu s ugovorima iz ugovora o opskrbi toplinskom energijom.
Gustoća toplinske potražnje	Gustoća toplinske potražnje godišnja je potražnja za toplinom svih zgrada u području opskrbe u odnosu na veličinu područja opskrbe (vidi poglavlje 12.2.2).
Gubici u distribuciji topline	Gubici distribucije topline važan su parametar za mreže grijanja (a nazivaju se i mrežnim gubicima). Oni se definiraju kao razlika između topline koja se isporučuje u mrežu grijanja (iz generacije) i ukupne potrošnje topline svih potrošača topline. Gubici distribucije topline mogu se prikazati kao apsolutna vrijednost (= razlika u količinama topline) ili kao relativna vrijednost (postotni gubici mreže). U slučaju relativnih gubitaka mreže, razlika između feed-ina i potrošnje podijeljena je s količinom u koju se unosi toplina. Gubici mreže određeni su prevladavajućim kapacitetom gubitaka distribucije topline u mreži, što ovisi o temperaturnoj razlici između medija centraliziranog grijanja i okoliša (tla), kvaliteti izolacije cijevi za centralizirano grijanje i dimenziji cijevi.
Izmjenjivač topline	Izmjenjivač topline je uređaj u kojem se toplinska energija prenosi iz jednog toplog protoka materijala u drugi, hladniji protok materijala preko površina za prijenos topline (npr. ploče ili snopovi cijevi).
Troškovi proizvodnje topline	Troškovi proizvodnje topline omjer su godišnjih troškova proizvodnje toplinske energije i korisne topline proizvedene godišnje i predstavljaju posebne troškove proizvodnje topline u okviru CHF/MWh ili €/MWh (vidi poglavlje 10.4.2). Godišnji troškovi obično se određuju metodom anuiteta u skladu s VDI 2067 [100] i uključuju kapitalne troškove (anuitet od ulaganja), operativne troškove (troškovi održavanja/usluge i osoblja), troškove energije (goriva i pomoćnu energiju) i druge troškove (npr. planiranje).
Poduzeća za opskrbu toplinskom energijom (dobavljači topline)	Društvo (operativno društvo) koje upravlja sustavom opskrbe toplinskom energijom (centar za grijanje, mreža grijanja) i odgovorno je za pružanje osigurane opskrbe toplinskom energijom potrošačima toplinske energije kako je dogovoreno u ugovoru o opskrbi toplinskom energijom.
Ugovor o opskrbi toplinskom energijom	Sučelje između poduzeća za opskrbu toplinskom energijom (dobavljača) i potrošača toplinske topline (kupca) ugovorno je dogovoreno u ugovoru o opskrbi toplinskom energijom. Sadrži i sljedeće ugovorne komponente: Opće uvjete poslovanja, zahtjeve tehničke veze (TAV) i tarifni list.
Medij za prijenos topline	Medij koji se koristi za transport topline, kao što su voda, para ili termalno ulje.
Toplana Centralna toplana	Središnji sustav za opskrbu toplinskom energijom za veće zgrade/poduzeća, malu mrežu grijanja ili mrežu centraliziranog grijanja.
Topla voda (topla voda)	Pojam topla voda različito se koristi u inženjerstvu građevinskih usluga i u inženjeringu centraliziranog grijanja na sljedeći način: <ul style="list-style-type: none"> • U tehnologiji centraliziranog grijanja topla voda opisuje cirkulacijsku vodu u mreži centraliziranog grijanja kada je temperatura do 110 °C, dok se cirkulacijska voda iznad 110 °C naziva toplom vodom. U usporedbi sa sustavima tople vode, drugi standardi, smjernice i propisi primjenjuju se na sustave tople vode, a posebno na veće sigurnosne mjere opreza. Voda u mreži centraliziranog grijanja ne mora biti kvalitete pitke vode i stoga se ne smije miješati s (domaćom) toplom vodom u građevinskim uslugama. • U inženjerstvu građevinskih usluga topla voda označava grijanu pitku vodu (koja se naziva i topla voda u kućanstvu), koja je dostupna na oko 60 °C. Grijanje i opskrba toplom vodom za kućanstvo provodi se s bojlerima. To može biti spremnik (grijač vode za pohranu, kotao) ili trenutni bojler.
Kućni priključak (cjevovod)	Spojni cjevovod između mreže za distribuciju topline i stanice za prijenos topline.
Kućna trafostanica	Stambena podstanica sastoji se od stanice za prijenos topline i instalacije potrošača. Koristi se za prilagodbu opskrbe toplinom instalaciji potrošača u smislu tlaka, temperature i protoka volumena. Pri projektiranju podstanice kuće potrebno je razlikovati izravnu ili neizravnu vezu (sa/bez izmjenjivača topline za hidrauličko odvajanje).

Termin	Značenje
Ključni kupci	Kupci centraliziranog grijanja s velikim toplinskim zahtjevima, koji značajno doprinose ukupnoj potražnji za toplinom mreže i stoga su od velike važnosti za razvoj projekta (fokus na potencijalne ključne kupce - vidi poglavlje 3.2.4), ukupno planiranje i dimenzioniranje toplinske mreže i proizvodnih postrojenja.
Linearna gustoća topline, gustoća veze	Linearna gustoća topline (vidjeti poglavlje 12.2.6) omjer je između godišnje količine topline koja se prodaje u MWh/a i ukupne duljine trase glavnih, granskih i kućnih priključnih cijevi u metrima. Linearna gustoća topline može se izračunati i za pojedinačne podmjesta ili povezane mreže i upotrijebiti za procjenu.
Karakteristika opterećenja	Krivulja karakteristika opterećenja je prikaz potražnje za toplinskom snagom kao funkcija dnevne srednje vrijednosti vanjske temperature. Za vanjsku temperaturu uvijek se mora upotrebljavati 24-satna prosječna vrijednost, dok potražnja za toplinskom proizvodnjom može biti dnevna prosječna vrijednost (npr. za stambene zgrade) ili vršna vrijednost (npr. za poslovne zgrade). Karakteristika opterećenja cjelokupnog sustava proizlazi iz slaganja (zbrajanje) nekoliko karakteristika opterećenja (vidjeti poglavlje 11.3.2.).
Nasipni volumen (LCM)	Nasipni volumen drvene sječke izražen u nasipnom metru kubnom (njemački: Schüttraummeter [Srm], CH: Schnitzelkubikmeter [^{Sm3}])
Kvrgavost	Određuje dimenzije i geometriju krutih goriva i bitan je dio karakterizacije goriva iz biomase. Kvrgavost je određena u skladu sa standardima goriva kao što je EN-ISO 17225 [23].
Glavni projektant	Osoba za planiranje koja je odgovorna vlasniku postrojenja za kvalitetu cjelokupnog sustava. Za projektiranje projekata u skladu s QM sustavom, potrebno je u Q-planu odrediti glavnog projektanta na biomasu.
Maksimalna kontinuirana radna temperatura	Maksimalna dopuštena radna temperatura bez vremenskog ograničenja.
Maksimalna dopuštena radna temperatura	Maksimalna dopuštena radna temperatura sustava (proizvodnja topline, toplinske mreže,...) tijekom kratkog vremenskog razdoblja.
Pokazatelji provedbe projekta prema QM sustavu	QM Holzheizwerke postavlja pet ključnih etapa za osiguranje kvalitete na kraju najvažnijih faza projekta (vidi poglavlje 2.3.3): <ol style="list-style-type: none"> 1. Uspostava QM-a sustava za postrojenja za biomasu i planiranje, kao zaključak faze projekta 1 2. Q-provjere i Q-kontrola na razini preliminarnih studija kao zaključak faze projekta 2 3. Q-provjere i Q-kontrola na razini natječajnog postupka (nabava) kao završetak faze projekta 3 4. Q-provjere i Q-kontrola u fazi ugovaranja, zaključivanje postupka nabave i ugovaranje te izvedba i odobrenje kao zaključak pete faze projekta 5. Q-provjere i evaluacija rada postrojenja najranije godinu dana nakon početka rada postrojenja kao završetak faze projekta 6
Monovalentna proizvodnja topline	Proizvodnja topline s jednim energentom, npr. sustav grijanja koji radi isključivo s kotlovima na biomasu (usp. bivalentna proizvodnja topline).
Mrežni kritični čvor	Položaj u mreži grijanja s najnižim diferencijalnim tlakom između protoka i povratka. Ta se točka obično nalazi na prijenosnoj stanici daleko od centara za grijanje, ali se može kretati ovisno o radnom statusu mreže grijanja (pražnjenje ili hranjenje). Mrežni kritični čvor služi kao definirana varijabla za mrežne crpke (glavna pumpna jedinica). Ugradnjom diferencijalnih senzora tlaka na kritičnom čvoru u mreži, mrežne crpke također se mogu kontrolirati ovisno o diferencijalnom tlaku na kritičnom čvoru.
Mrežni pritisak	Mrežni tlak je tlak u cjevovodu za centralizirano grijanje.
Razdvajanje mreže	Razdvajanje mreže odnosi se na odvajanje dviju mrežnih sekcija ili mreže od proizvodnih jedinica. To se može ostvariti, na primjer, izmjenjivačem topline (tehničko odvajanje, odvojeni medij za prijenos topline) ili hidrauličkim separatorom (hidrauličko odvajanje, zajednički medij za prijenos topline).
Temperatura mreže	Mrežna temperatura je zajednička specifikacija temperature protoka i povrata u stupnjevima Celzija (npr. 80/50) i treba je shvatiti kao tipičnu vrijednost za mrežu grijanja (moguće s razlikovanjem između ljetnog i zimskog rada).
DN nazivnog promjera, nazivne veličine, nazivnog promjera	Nominalni promjer određuje referentni promjer za cjevovodni sustav, koji se koristi za definiranje veličine i kompatibilnosti komponenti. Nazivni promjer dio je oznake komponente prema EN ISO 6708 [150] i nije identičan unutarnjem ili vanjskom promjeru cijevi ili komponente.
Nazivna toplinska snaga	Najveća kontinuirana proizvodnja sustava (npr. kotao na biomasu) za koji je projektiran u skladu sa specifikacijama proizvođača i gorivima definiranim u njemu bez vremenskih ograničenja.
Nominalni tlak PN (nominalni tlak)	Nominalni tlak je referentna vrijednost za konstrukcijski tlak cjevovodnog sustava. Naveden je prema DIN, EN i ISO oznakom PN (Nominalni tlak), nakon čega slijedi broj koji označava konstrukcijski tlak u traci na sobnoj temperaturi (20 °C). Definicija i odabir vrši se u skladu s EN 1333 [149].
Optimizacija rada, optimizacija rada postrojenja	Uz operativnu optimizaciju, funkcioniranje postrojenja sustavno se provjerava i optimizira nakon što je postrojenje predano vlasniku. Kad je u pitanju QM za postrojenja na biomasu, operativna optimizacija odgovornost je poduzeća koja obavljaju radove pod vodstvom glavnog projektanta (vidi poglavlje 18).

Termin	Značenje
Vršno opterećenje	Maksimalna potražnja za toplinskom snagom koja se obično javlja samo kratko vrijeme (npr. na vrlo niskim vanjskim temperaturama, vršno opterećenje mreže grijanja ujutro). Vršno opterećenje sustava obično je mnogo puta veće od dnevne ili godišnje prosječne proizvodnje. Vršno opterećenje ima značajan utjecaj na konfiguraciju postrojenja i dimenzioniranje svih biljnih komponenti. Integracijom spremnika za uravnoteženje opterećenja može se smanjiti učinkovito vršno opterećenje koje osiguravaju proizvodni pogoni. Dodatni kotlovi s vršnim opterećenjem (često fosilnih goriva) također se koriste za pokrivanje vršnih opterećenja. Oni bi trebali imati širok raspon kontrole i moći se brzo uključiti i isključiti. Kao dodatna redundancija, kotlovi s vršnim opterećenjem često su dizajnirani da budu veliki kako bi se nadoknadio kvar jednog ili više kotlova za osnovno opterećenje.
Razdoblje rada između čišćenja	Radno razdoblje (interval čišćenja) postrojenja za pečenje ili kotlovnice između dva planirana gašenja u svrhu (ručnog) čišćenja.
Distribucijska mreža	Ključne komponente su: magistralni vrelovodi/cjevovodi, priključni cjevovodi, kućni priključni cjevovodi.
Preliminarna studija (preliminarno planiranje, studija izvedivosti)	Rana faza projekta u kojoj se određuje varijanta projekta koja najbolje zadovoljava zahtjeve. Na temelju preliminarne studije donosi se odluka o nastavku projekta (odluka o ulaganju). Ovisno o državi/regiji, preliminarna studija naziva se i preliminarno planiranje, studija izvedivosti ili projektno i pripremno planiranje (vidi i poglavlje 3.2).
Održavanje tlaka	Podsustav u hidrauličkom sustavu (proizvodnja topline i distribucija topline) koji apsorbira promjenu volumena tople vode između minimalne i maksimalne temperature i tako održava unaprijed postavljen statički tlak uglavnom konstantnim (održavanje tlaka).
Primarni krug prijenosa topline	Primarni krug za prijenos topline je strana mreže centraliziranog grijanja, odnosno dio sustava kroz koji teče medij centraliziranog grijanja. Pojmovi primarni protok i povratna temperatura su temperature koje prevladavaju na primarnom krugu (mrežnoj strani) izmjenjivača topline. Analogno tome, pojam primarni tlak (vidi i sekundarnu stranu).
Faze projekta	QM Holzheizwerke dijeli projekt u 6 projektnih faza: <ol style="list-style-type: none"> 1. Studija pred izvodljivosti 2. Projektiranje i planiranje 3. Planiranje nabave 4. Nabava i ugovaranje 5. Izvođenje radova i odobrenje 6. Optimizacija rada postrojenja Faze projekta QM Holzheizwerke opisuju tipičan slijed projekta, međutim, pojmovi i detaljan opseg rada pojedinih faza projekta mogu se razlikovati u različitim zemljama/regijama. U tu svrhu moraju se uzeti u obzir odgovarajući standardi i smjernice za pojedine zemlje.
Upravljanje kvalitetom povezano s projektom (PQM)	Osigurava da se željena kvaliteta definira i testira u vremenski ograničenom projektu koji uključuje nekoliko tvrtki. PQM se ne smije miješati s upravljanjem kvalitetom povezanom s tvrtkom (certifikacija prema ISO 9000) i ispitivanjem uzoraka proizvoda (ispitivanje tipa). Međutim, PQM se, naravno, može primijeniti u okviru certificiranih QM sustava tvrtki uključenih u projekt. (QM Holzheizwerke je PQM sustav; vidi poglavlje 2.1).
QM za postrojenja za centralno grijanje biomase	Sustav upravljanja kvalitetom postrojenja za biomasu povezan s projektima. Naglasak je na profesionalnoj koncepciji, planiranju i realizaciji postrojenja za proizvodnju topline i mreže grijanja kako bi se osigurala visoka operativna sigurnost, precizna kontrola, niske emisije i logistika ekonomskih goriva. Cilj je energetske učinkovitosti, ekološki prihvatljiv i ekonomičan rad cijele elektrane.
Q-manager	Q-manager osigurava provođenje smjernica i uputa upravljanja kvalitetom za toplane na biomasu. Njegove zadaće su: planiranje kvalitete, kontrola kvalitete i provjera kvalitete.
Q-plan	Q-plan je središnji dokument QM-a za toplane na biomasu u kojem se zahtjevi u pogledu kvalitete (uključujući instrumentaciju, metodu mjerenja i toleranciju) i odgovornosti definiraju prije realizacije postrojenja te se redovito provjeravaju i ažuriraju tijekom daljnjeg tijeka projekta. Q-plan se sastoji od dva dokumenta: <ul style="list-style-type: none"> • Glavni dokument Q-plana, priprema se tijekom uspostavljanja QM sustava u pokazatelju 1, • Dodatni dokumenti Q-plana, pripremljeni u pokazateljima 2-5 QM sustava (vidi poglavlje 2.3.4.).
Kvaliteta (Q)	Kvaliteta je odnos materijalnog ili nematerijalnog objekta (ovdje: postrojenje na biomasu) prema zahtjevu kvalitete (obično se sastoji od nekoliko pojedinačnih zahtjeva). U QM sustavu dobra kvaliteta znači da postrojenja za grijanje na biomasu ispunjavaju sve zahtjeve za kvalitetom navedene u Q-Planu unutar dogovorenih odstupanja.
Provjere kvalitete	Tekuće provjere tijekom projekta, a posebno na kraju (konačna provjera) kako bi se utvrdilo jesu li zahtjevi u pogledu kvalitete dogovoreni u planu kvalitete unutar dogovorenog dopuštenog odstupanja.
Kontrola kvalitete (Q-kontrola)	Definiranje mjera u projektnom procesu, koje osiguravaju da se odstupanja kvalitete otkriju i isprave na vrijeme.
Upravljanje kvalitetom (QM)	Uključuje metodologiju i sve aktivnosti koje definiraju zahtjeve i odgovornosti kvalitete te ih provode kroz planiranje kvalitete, provjere kvalitete i kontrolu kvalitete.

Termin	Značenje
Planiranje kvalitete (Q-planiranje)	Nedvosmislena definicija zahtjeva kvalitete, uključujući odgovornost, instrumentaciju, metodu mjerenja i toleranciju u Q-planu. Osigurava da su pojedinačni zahtjevi navedeni u Q-planu u skladu s priznatim pravilima gradnje i trenutnim stanjem.
Zahtjevi u pogledu kvalitete (Q-zahtjevi)	Q-zahtjevi se definiraju prema Q-smjernicama na početku projekta na početnom sastanku (pokazatelj 1) i dokumentiraju se u Q-planu.
Gašenje	Gašenje je opcionalno neodvojiv dio postrojenja za kondenzaciju dimnih plinova. U gašenju se struja vrućeg dimnog plina hladi do točke zasićenja ubrizgavanjem vode. To omogućuje bolji oporavak topline (prijenos topline) iz dimnog plina. Zasićenje ispušnog plina također osigurava da nizvodni kondenzator uvijek radi mokro kako bi se spriječilo onečišćenje i korozija. Ubrizgavanje vode također "ispire" prašinu iz ispušnog plina. Gašenja su stoga također sastavni dio pročišćivača dimnih plinova, gdje ubrizgavanje vode veže prašinu u protok dimnih plinova i razdvaja je u nizvodnim separatorima kapljica (npr. centrifugalni separatori).
Redundancija/zalihost (pričuvnj kapacitet)	Osiguravanje dodatne funkcionalne jedinice koja nije potrebna u redovitom radu kao sigurnosna kopija za povećanje operativne sigurnosti (npr. ugradnja druge crpke identičnog dizajna).
Put Duljina dionice Usmjeravanje	Put/trasa je prostor potreban za polaganje (usmjeravanje) cjevovoda za centralizirano grijanje. Određivanje trase dio je planiranja mreže centraliziranog grijanja i ima značajan utjecaj na razvoj opskrbnog područja i buduće širenje mreže, kao i na troškove ulaganja mreže grijanja. Duljina mreže rezultat je zbroja svih dionica cjevovoda. Za proračun srednjeg specifičnog pada tlaka presudna je duljina cijevi (polaz + povrat) na nepovoljnom dijelu, odnosno dionice cjevovoda do najdalje udaljenog potrošača topline. Duljina dionice je zbroj svih duljina cjevovoda u distribucijskoj mreži, uključujući i dionice do kućnih priključaka.
Sekundarni krug prijenosa topline	Sekundarna krug prijenosa topline je toplana, odnosno dio sustava kroz koji teče medij grijanja domaćeg sustava. Pojmovi sekundarni protok i povratna temperatura su one temperature koje prevladavaju na sekundarnoj strani (toplani) izmjenjivača topline. Analogno tome, pojam sekundarni tlak (vidi i primarni krug).
Životni vijek	Životni vijek ili vijek trajanja je razdoblje tijekom kojeg sustavi, strojevi ili alati mogu raditi do sljedećeg održavanja, čišćenja ili slično. To je razdoblje tijekom kojeg sustav (stroj, alat) može raditi bez prekida.
Složaj drva	U šumarstvu se pojam složaj ili drvena hrpa koristi za opisivanje složenih trupaca iste duljine koji su pohranjeni u sakupljanju vani na otvorenom prostoru (dvorištu, livadi).
Pužni transporter	Transportna jedinica s kojom se gorivo dovodi izravno u komoru za izgaranje ili na rešetku za izgaranje. To je posljednja karika u transportu goriva iz skladišta goriva u peć. Dovod do ložišta može biti automatizirano putem pužnog transportera ili hidraulički dizajnirano. Ložac mora osigurati ujednačeni dovod goriva i ispunjavati posebne zahtjeve u pogledu isključenja zraka, sprječavanja povratnog paljenja i temperaturne otpornosti.
Ciljana vrijednost	Vrijednost koja se pokazala kao optimalna vrijednost u usporedivim uspješnim projektima. Ako je u Q-zahtjevu navedena ciljana vrijednost, potrebno je pokušati ostvariti tu vrijednost. Međutim, mogu postojati razlozi za odstupanje od navedene ciljane vrijednosti, ali u tom slučaju treba navesti razloge za odstupanje. (Suprotno tome, nije dopušteno prijeći ili pasti ispod granične vrijednosti).
Tarifa (tarifni list)	Tarifni list dio je ugovora o opskrbi toplinskom energijom i regulira cijene, tarife i druge uvjete za opskrbu toplinskom energijom (vidjeti i ugovor o opskrbi toplinskom energijom).
Preduvjeti za tehničku vezu (TCR)	Zahtjevi tehničkog priključka (također tehnički standardi priključka) idealno reguliraju sve tehnički relevantne uvjete spajanja na mrežu centraliziranog grijanja kao što su tlak, temperatura, materijal, mjerna oprema, naplata i drugo. To se odnosi na planiranje, povezivanje i rad mreže centraliziranog grijanja. TCR je dio ugovora o opskrbi toplinskom energijom (vidjeti poglavlje 8.9.2).
Temperaturni raspon	Razlika između temperature protoka i povratne temperature ili ulaza i izlaza uređaja. U mreži centraliziranog grijanja od interesa je uglavnom temperaturno širenje primarne strane, odnosno u mreži centraliziranog grijanja, u slučaju generatora topline između ulaza i izlaza te u slučaju spremnika između vrha i dna.
Nabava i ugovaranje	Planiranje nabave je projektna faza u kojoj se priprema dokumentacija za nadmetanje zajedno s tehničkim specifikacijama postrojenja. Ugovaranje je projektna faza u kojoj se objavljuje dokumentacija za nadmetanje (nabavu) i ugovara odabrani poslovni subjekt.
Stanica za prijenos topline	Prijenosna stanica je veza između cjevovoda za spajanje kuće i instalacije potrošača. Koristi se za ugovorni prijenos topline i mjerenje potrošnje toplinske energije.
Stopa iskorištenosti, godišnja učinkovitost	Stupanj iskorištenosti je omjer između korisne energije proizvedene u određenom duljem razdoblju i energije isporučene u istom vremenskom razdoblju. To odgovara ukupnoj korisnoj energiji u određenom razdoblju (npr. očitavanjem ukupne topline na mjerачu topline) podijeljenoj s isporučenom energijom koja se zbraja tijekom razmatranog razdoblja (npr. kalorijska vrijednost goriva). Ako se opažanje provodi tijekom razdoblja od jedne godine, to se naziva godišnjom učinkovitošću (vidi i poglavlje 20.12). Ako se omjer korisne energije i isporučene energije određuje tijekom kratkog razdoblja promatranja ili kao trenutačna vrijednost, to se naziva učinkovitošću (vidi i učinkovitost).

Termin	Značenje
Otpadna toplina	Otpadna toplina je izraz koji se koristi za opisivanje toplinskih tokova koji se javljaju kao nusproizvod procesa i ispuštaju se u okoliš neiskorišteni i često uz pomoć dodatne energije za crpke, ventilatore, izmjenjivače topline za ponovno hlađenje ili rashladne sustave i doprinose neželjenom grijanju (vidi poglavlje 13.7.5).

22 Literatura

- [1] Eurostat, «Energetska bilanca 2018.». <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances> (zugriffen 22. siječnja 2021.).
- [2] A. Camia, N. E. Cazzaniga, R. Jonsson, und D. Palermo, «Sankey dijagrami tokova drvenaste biomase u EU-28.», Centar znanja Europske komisije za biogospodarstvo, Brüssel, Broschüre, 2019. Zugriffen: 28. siječnja 2021. [Online]. Verfügbar unter: http://publications.europa.eu/publication/manifestation_identifier/PUB_KJ0119205ENN
- [3] Centar znanja Europske komisije za biogospodarsko stanje, "Sankey dijagrami drvenastih bio-masovnih tokova u EU-28 – godine 2009. – 2015.". Europska komisija, 2019. Zugriffen: 28. siječnja 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/227292>
- [4] N. Scarlat, J.-F. Dallemand, N. Taylor, und M. Banja, «Brief on biomass for energy in the European Union», Publications Office of the European Union, 2019. Zugriffen: 22. siječnja 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/111111111/55047>
- [5] IEA podaci i statistike, «World Energy Balance 2018», IEA. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables> (zugriffen Jan. 22, 2021).
- [6] Ujedinjeni narodi, Odjel za ekonomska i socijalna pitanja, «Izgledi za svjetsko stanovništvo: Revizija 2017., Knjižica podataka», Odjel za ekonomska i socijalna pitanja, Odjel za stanovništvo, ST/ESA/SER. A/401, 2017. Zugriffen: 22. siječnja 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2017_DataBooklet.pdf
- [7] R. Palen, "Prve procjene stanovništva – broj stanovnika EU-a do gotovo 513 milijuna 1. siječnja 2018. – povećanje potaknuto migracijama", Eurostat, Brüssel, Newsrelease 115/2018, Juli 2018. Zugriffen: 22. siječnja 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances>
- [8] U. Kaufmann, «Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien», Bundesamt für Energie, Bern, Ausgabe 2018. Zugriffen: 28. siječnja 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/teilstatistiken.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRtaW4uY2gvZGUvcHVib-GljYX/Rpb24vZG93bmxyYVWQvOTgyOQ==.html>
- [9] Međunarodna agencija za obnovljivu energiju IRENA, «Obnovljiva energija i radna mjesta – godišnji pregled 2019.», Međunarodna agencija za obnovljivu energiju IRENA, Abu Dhabi, 2019. Zugriffen: 22. siječnja 2021. [Online]. Verfügbar unter: [/publications/2019/Jun/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2019](https://publications/2019/Jun/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2019)
- [10] Observ'ER, «Stanje obnovljivih izvora energije u Europi - 19. izvješće EurObserv'ER». <http://www.energies-renouvelables.org/> (zugriffen 22. siječnja 2021.).
- [11] A. P.C. Faaij, "Osiguravanje održive dostupnosti resursa biomase za energetske primjene u Europi; pregled recentne književnosti», Sveučilište u Groningenu, Groningen, Fachartikel, 2018. Zugriffen: 22. siječnja 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://energy.nl/wp-content/uploads/2019/06/Bioenergy-Europe-EU-Biomass-Resources-Andr%C3%A9-Faaij-Final.pdf>
- [12] M. Banja, R. Sikkema, M. Jégard, V. Motola, und J.-F. Dallemand, «Biomasa za energiju u EU - Okvir potpore», Energetska politika, Bd. 131, S. 215–228, kolovoz 2019., doi: 10.1016/j.enpol.2019.04.038.
- [13] Glavna uprava za energetiku (Europska komunikacijska misija), Trinomics, T. Badouard, und M. Altman, Subvencije za energiju: troškovi energije, porezi i pakt vladinih intervencija o ulaganjima: završno izvješće. Luksemburg: Ured za publikacije Europske unije, 2020. Zugriffen: 29. rujna 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/546611>
- [14] Europäischer Rechnungshof, Hrsg., Wurden mit den Mitteln aus den Fonds der Kohäsionspolitik zur Förderung der Erzeugung erneuerbarer Energien gute Ergebnisse erzielt? gemäß Artikel 287 Absatz 4 Unterabsatz 2 AEUV. Luksemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2014.
- [15] R. Bühler, H. R. Gabathuler, und A. Jenni, Q-Leitfaden QMstandard, 3. erweiterte Auflage., Bd. 1, 6 Bd. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V., 2011. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.qmholzheizwerke.ch/publikationen.html>
Na engleskom jeziku "Q-Guidelines" dostupno u odjeljku: <https://www.qm-biomass-dh-plants.com/downloads.html>
- [16] S. Thalmann, Erneuerung Holzenergieanlagen. Zürich: Holzenergie Schweiz und ARGE QM Holzheizwerke, 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.qmholzheizwerke.ch/de/downloads.html>
- [17] ARGE QM Holzheizwerke, «QM Holzheizwerke», QM Holzheizwerke. <https://www.qmholzheizwerke.ch/de/home.html> (zugriffen Dez. 09, 2019.).
- [18] B. Meier, C. Moser, C. Vogler, und R. Dettli, «Sozioökonomische Aspekte thermischer Netze», econcept AG, Zürich, Schlussbericht, travanj 2019. Zugriffen: März 18, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.econcept.ch/de/projekte/soziookonomische-aspekte-thermischer-netze/>
- [19] T. Nussbaumer, S. Thalmann, A. Jenni, und J. Ködel, Planungshandbuch Fernwärme, verzija 1.2. Zürich: Verenum Dr. Thomas Nussbaumer,

2018. [Online]. Verfügbar unter: http://www.verenum.ch/Planungshandbuch_QMF_W.html
Na engleskom jeziku "Handbook on Planning of District Heating Networks" Verzija 1.0 od 2020. godine (prijevod verzije 1.2 na njemačkom jeziku) dostupna je pod: http://www.verenum.ch/Dokumente/Handbook-DH_V1.0.pdf
- [20] L. Küng, P. Kräuchi, und G. Kayser, «Risiken bei thermischen Netzen», BG Ingenieure und Berater AG, Bern, Schlussbericht, travanj 2018. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.energieschweiz.ch/de-ch/home.aspx?p=22949,22963,22984,22985>
- [21] H. Thorwarth, H. Gerlach, L. Rieger, M. Schroth, R. Krichhof, und J. Tejada, «Natürliche Einflüsse auf die Qualität von Holzbrennstoffen und deren Auswirkungen auf den Betrieb von Holz-Heizkraftwerken», VGB PowerTech J. 112018, 2018., Zugriffen: travanj 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.vgb.org/pt_11_18.html
- [22] «DIN EN ISO 16993:2016-11, Biogene Festbrennstoffe_- Umwandlung von Analyseergebnissen einer Bezugsbasis u Ergebnisse mit an-derer Bezugsbasis (ISO_16993:2016); Deutsche Fassung EN_ISO_16993:2016», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2555895.
- [23] «DIN EN ISO 17225-1:2014-09, Biogene Festbrennstoffe_- Brennstoffspezifikationen und -klassen_- Teil_1: Allgemeine Anforderungen (ISO_17225-1:2014); Deutsche Fassung EN_ISO_17225-1:2014», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2073606.
- [24] «DIN EN ISO 18125:2017-08, Biogene Festbrennstoffe_- Bestimmung des Heizwertes (ISO_18125:2017); Deutsche Fassung EN_ISO_18125:2017», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2603463.
- [25] J. Hahn, M. Schardt, F. Schulmeyer, und F. Mergler, «Energieinhalt von Holz», Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Freising, Merkblatt 12, 2014. Zugriffen: travanj 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.lwf.bayern.de/service/publikationen/wf_merkblatt/022952/index.php
- [26] F. Kollmann, «Holz und Feuchtigkeit Teil 2: Freies Wasser, Schwinden und Quellen, Eigenschaftsänderungen, Holzfeuchtigkeit und Schädlinge, Heizwert», Holz-Zentralblatt, S. 1428–1429, 1982.
- [27] M. Kaltschmitt, H. Hartmann, und H. Hofbauer, Hrsg., Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren, 3., Aktualisierte und Erweiterte Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg, 2016.
- [28] «DIN EN ISO 17827-1:2016-10, Biogene Festbrennstoffe_- Bestimmung der Partikelgrößenverteilung für unkomprimierte Brennstoffe_- Teil_1: Horizontales Rüttelsiebverfahren mit Sieben mit einer Lochgröße von 3,15_mm und dar-über (ISO_17827-1:2016); Deutsche Fassung EN_ISO_17827-1:2016», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2360044.
- [29] D. Kuptz, E. Dietz, K. Schreiber, C. Schön, R. Mack, und H. Hartmann, Holz hackschnitzel aus dem Kurzumtrieb - Brennstoffqualität und Verbrennungsverhalten. Straubing: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), 2018. Zugriffen: travanj 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tfz.bayern.de/service/presse/186025/index.php>
- [30] M. Kern, T. Raussen, K. Funda, A. Lootsma, und H. Hofmann, Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz, Klima- und Ressourcenschutz. Dessau-Rosslau: Umweltbundesamt, 2010. Zugriffen: travanj 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aufwand-nutzen-einer-optimierten>
- [31] L. Eltrop und Universität Stuttgart, Hrsg., Leitfaden feste Biobrennstoffe: Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen im mittleren und großen Leistungsbereich, 4., Vollst. Überarb. Aufl. Gülzow-Prützen: FNR, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V, 2014.
- [32] H. Thorwarth, M. Wöhler, und S. Rieder, «Utjecaj cestovne soli na kemijska svojstva cestovne biomase», gehalten auf der 25th European Biomass Conference and Exhibition, Stockholm, Juni 12, 2017.
- [33] H. Thorwarth und M. Scheuber, «Die Qualität bestimmt die Grenzen der Kaskadennutzung von Altholz», MÜLL ABFALL, Br. 3, S. 6, März 2020, doi: 10.37307/j.1863-9763.2020.03.06.
- [34] P. O. iz E. Unije, Beschluss der Kommission vom 18. Dezember 2014 zur Änderung der Entscheidung 2000/532/EG über ein Abfallverzeichnis gemäß der Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates Text von Bedeutung für den EWR. Ured europske unije za publikacije, 2014. Zugriffen: travanj 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <http://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/bb120f99-8ff5-11e4-b8a5-01aa75ed71a1/language-de/format-PDFA1A>
- [35] Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen. 2005. Zugriffen: travanj 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2005/714/de>
- [36] Schweizerische Eidgenossenschaft, Luftreinhalte-Verordnung (LRV), Bd. 814.318.142.1. 1985, S. 94. Zugriffen: Dez. 09, 2019. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19850321/index.html>
- [37] N. Hofmann, T. Mendel, D. Kuptz, F. Schulmeyer, H. Borchert, und H. Hartmann, Lagerung von Holz hackschnitzeln - Trockenmasseverluste, Änderungen der Brennstoffqualität und Kosten.

- Straubing: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), 2017. Zugriffen: travanj 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tfz.bayern.de/service/presse/186025/index.php>
- [38] W. Becke, C. Fink, M. Hamilton-Jones, R. Pertschy, und C. Rohringer, «Monitoring-Ergebnisse von grossen Solarthermie-Anlagen für Trocknungs-anwendungen», u Tagungsunterlagen Online-Symposium Solarthermie und Innovative Wärme-systeme, Connexio GmbH, Hrsg .
- [39] W. Emhofer, «Emisije iz drvenih peleta tijekom skladištenja», Teza, 2015. Zugriffen: travanj 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://repositum.tuwien.at/handle/20.500.12708/3701>
- [40] «Phyllis2 - Baza podataka za fizikalno-kemijski sastav (obrađene) lignocelulozne biomase, mikro i makroalgi, raznih sirovina za proizvodnju bioplin i biochara». <https://phyllis.nl/> (zugriffen travanj 21, 2021).
- [41] «FRED - Feste Regenerativni Energieträger Datenbank». <https://www.fred.bayern.de/> (zugriffen travanj 21, 2021).
- [42] H. Thorwarth, «Validierung und Automatisierung der Brennstoffanalytik in einem Heizwerk», gehalten auf der 16. Fachkongress Holzenergie, Augsburg, 2016.
- [43] L. Lasselsberger, Kleinf Feuerungen für Holz – Verbrennungstechnik/Stand der Technik/Regelwerke/Entwicklung. Bundesanstalt für Landtechnik, 2000.
- [44] D. Kuptz, F. Schulmeyer, K. Hüttl, E. Dietz, H. Borchert, und H. Hartmann, Optimale Bereitstellungverfahren für Holzhackschnitzel. Straubing: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenz-zentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), 2015. Zugriffen: travanj 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tfz.bayern.de/service/presse/186025/index.php>
- [45] «DIN EN ISO 18134-1:2015-12, Biogene Festbrennstoffe_- Bestimmung des Wassergehaltes_- Ofentrocknung_- Teil_1: Gesamtgehalt a Wasser_- Referenzverfahren (ISO_18134-1:2015); Deutsche Fassung EN_ISO_18134-1:2015», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2311530.
- [46] «DIN EN ISO 18134-2:2017-05, Biogene Festbrennstoffe_- Bestimmung des Wassergehaltes_- Ofentrocknung_- Teil_2: Gesamtgehalt a Wasser_- Vereinfachtes Verfahren (ISO_18134-2:2017); Deutsche Fassung EN_ISO_18134-2:2017», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2637759.
- [47] T. Mendel, D. Kuptz, A. Überreiter, und H. Hartmann, Schnellbestimmung des Wassergehalts von Holzhackschnitzeln. Straubing: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), 2017. Zugriffen: travanj 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tfz.bayern.de/service/presse/186025/index.php>
- [48] «DIN EN ISO 18122:2016-03, Biogene Festbrennstoffe_- Bestimmung des Aschegehaltes (ISO_18122:2015); Deutsche Fassung EN_ISO_18122:2015», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2316155.
- [49] C.A.R.M.E.N. e.V., «Marktpreise Hackschnitzel». <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreise-hackschnitzel/> (zugriffen travanj 21, 2021).
- [50] M. Mladenović, M. Paprika, und A. Marinković, «Tehnike denitrifikacije za komunaturu biomase», Renew. Dokazati. Energija Rev., Bd. 82, S. 3350–3364, veljača 2018., doi: 10.1016/j.rser.2017.10.054.
- [51] S. Van Loo und J. Koppejan, Hrsg., Priručnik izgaranja i zajedničkog ispaljivanja biomase. u Londonu; Washington, DC: Earthscan, 2010.
- [52] I. Oberberger, Nutzung fester Biomasse u Verbrennungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens aschebildender Elemente. Graz: dbv-Verlag der Technische Universität Graz, 1997. Zugriffen: travanj 15, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://graz.pure.elsevier.com/en/publications/nutzung-fester-biomasse-in-verbrennungsanlagen-unter-besonderer-b>
- [53] A. Lauber und T. Nussbaumer, «Praxiseinsatz und Überwachung von automatischen Holzfeuerungen mit Elektroabscheider», Verenum im Auftrag Bundesamt für Energie, Bern, Schlussbericht, Dez. 2014.
- [54] T. Nussbaumer, «Schadstoffbildung bei der Verbrennung von Holz», Doktorski rad, ETH Zurich, 1989. doi: 10.3929/ethz-a-000514834.
- [55] R. Keller, «Primärmassnahmen zur NOx-Minderung bei der Holzverbrennung mit dem Schwerpunkt der Luftstufung», Doktorski rad, ETH Zürich, 1994. doi: 10.3929/ethz-a-000945058.
- [56] R. Salzmann und T. Nussbaumer, «Uprizorenje goriva za NO x Smanjenje izgaranja biomase: Experiments and Modeling», Energetska goriva - ENERG FUEL, Bd. 15, Mai 2001, doi: 10.1021/ef0001383.
- [57] T. Nussbaumer, «Primär- und Sekundärmassnahmen zur Stickoxidminderung bei Holzfeuerungen», u Moderne Feuerungstechnik zur energetischen Verwertung von Holz und Holzabfällen: Emissionsminderung, Konzepte und ausgeführte Anlagen, Düsseldorf: Springer-VDI-Verl, 1997., S. 279–308.
- [58] H. Fastenaekels und T. Nussbaumer, «Entwicklung einer kombinierten Unterschub- und Einblasfeuerung zur Luft- und Brennstoffstufung», u Luftreinhaltung und Explosionsschutz bei Holzfeuerungen und Stand der Technik der

- Holzvergasung, T. Nussbaumer, Hrsg. Zürich: Bundesamt für Energie BFE, 2002., S. 89–102.
- [59] C. Jirkowsky, R. Pretzl, T. Malzer, und K. Sihorsch, «Grundlagen der Staubabscheidung für Biomassefeuerungen ab 100 kW», u Luftreinhaltung und Explosionsschutz bei Holzfeuerungen und Stand der Technik der Holzvergasung, T. Nussbaumer, Hrsg. Zürich: Bundesamt für Energie BFE, 2002., S. 53–72.
- [60] J. Good und T. Nussbaumer, «Wirkungsgradbestimmung bei Holzfeuerungen», Verenum im Auftrag Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern, Schlussbericht, 1993.
- [61] «DIN IEC 60050-351:2014-09, Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch_- Teil_351: Leittechnik (IEC_60050-351:2013)», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2159569.
- [62] H. R. Gabathuler und H. Mayer, Standard-Schaltungen Teil I QM Holzheizwerke, 2. erweiterte Auflage., Bd. 2, 5 Bd. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V, 2010. Na engleskom jeziku "Standardne hidrauličke sheme Dio 1" dostupne pod: <https://www.qm-biomass-dh-plants.com/downloads.html>
- [63] H. Lutz, W. Wendt, und V. G. & C. Verlag Europa-Lehrmittel Nourney, Taschenbuch der Regelungstechnik mit MATLAB und Simulink. 2019.
- [64] W. Böge und W. Pläßmann, Hrsg., «Grundlagen und Grundbegriffe der Meßtechnik», u Vieweg Handbuch Elektrotechnik: Grundlagen und Anwendungen für Elektrotechniker, Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2007., S. 735–740. doi: 10.1007/978-3-8348-9217-1_57.
- [65] «DIN EN 61131-1:2004-03, Speicherprogrammierbare Steuerungen_- Teil_1: Allgemeine Informationen (IEC_61131-1:2003); Deutsche Fassung EN_61131-1:2003», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/9537680.
- [66] «DIN EN 12953-6:2011-05, Großwasserraumkessel - Teil 6: Anforderungen an die Ausrüstung für den Kessel; Deutsche Fassung EN 12953-6:2011», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/1719251.
- [67] Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V. (DEPV) und Deutsches Pelletinstitut GmbH, Hrsg., Lagerung von Holzpellets - ENplus-konforme Lagersysteme, 5. Überarbeitete Auflage. Berlin: Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V. (DEPV), 2019. Zugegriffen: Juni 04, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://depv.de/p/Broschüre-Lagerung-von-Holzpellets-ENplus-konforme-Lagersysteme-hienxHo3uXFMhgnQNTNyMc>
- [68] Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), «Absauganlagen und Silos für Holzstaub und -späne - Brand- und Explosionsschutz», Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), Mainz, BGI 739-2, Juli 2012. Zugegriffen: studeni 19, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://publikationen.dguv.de/regelwerk/dguv-informationen/2832/absauganlagen-und-silos-fuer-holzstaub-und-spaene>
- [69] J. Good u.a., Planungshandbuch QM Holzheizwerke, 2. leicht überarbeitete Auflage., Bd. 4, 5 Bd. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V, 2008.
- [70] Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF, Hrsg., Brandschutzerläuterung Spänefeuerungen 104-15. Bern: Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF, 2015. Zugegriffen: Mai 05, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://services.vkg.ch/rest/public/georg/bs/publikation/documents/BSPUB-1394520214-157.pdf/content>
- [71] A. Hammerschmid und A. Stallinger, Standard-Schaltungen Teil II QM Holzheizwerke, 1. Auflage., Bd. 5, 5 Bd. Straubing: C.A.R.M.E.N. e.V, 2006.
- [72] C. U. Brunner, J. Nipkow, P. Gyger, und T. Staubli, Pumpen - Die wichtigsten Fakten zur Auswahl und zum Einsatz von Förderpumpen. Zürich: Topmotori, 2012. Zugegriffen: Juli 19, 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.topmotors.ch/sites/default/files/2018-08/D_MB_23_Pumpen.pdf
- [73] AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., «FW 218 - Planung, Bau und Abnahme von Messstellen für thermische Energie». AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., März 2020. Zugegriffen: Okt. 21, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.agfw-shop.de/regelwerk/2-warmemessung-und-abrechnung/fw-218c-entwurf-einbau-und-abnahme-von-messgeraeten-fuer-thermische-energie-druckfassung.html>
- [74] «FW 510 - Anforderungen a das Kreislaufwasser von Industrie- und Fernwärmeanlagen sowie Hinweise für deren Betrieb», AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung GmbH, Frankfurt na Majni, Arbeitsblatt, 2013. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.agfw.de/regelwerk/>
- [75] «Wasserbeschaffenheit für Gebäudetechnik-Anlagen», Schweizerischer Verein von Gebäudetechnik-Ingenieuren SWKI, Urtenen-Schönbühl, Richtlinie BT102-01, 2012. Zugegriffen: travanj 15, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://shop.snv.ch/Technische-Regel/Diverses/SWKI-BT102-01/SICC-BT102-01.html?listtype=search&searchparam=BT102-01%20>
- [76] T. Nussbaumer, S. Thalmann, A. Jenni, und S. Mennel, Leitfaden zur Planung von Fernwärme-Übergabestationen, verzija 1.0. Zürich: Verenum AG, 2020. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.verenum.ch/Dokumente/QMFW.html>
- [77] S. Frederiksen und S. Werner, centralno grijanje i hlađenje, 1. Auflage. Lund: Studentlitteratur, 2013.
- [78] H. Ernst, Technisches Handbuch Fernwärme, 3. Aufl. Frankfurt na Majni: AGFW, 2013.

- [79] «FW 515 - Technische Anschlussbedingungen Heizwasser (TAB-HW)», AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung GmbH, Frankfurt na Majni, Merkblatt, 2015. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.agfw.de/regelwerk/>
- [80] M. Meyer, «Verwertung von Biomasseaschen als wertvoller Dünger für die Land- und Forstwirtschaft», Biomasseverband OÖ, Linz, 2014.
- [81] I. Obernberger, «Aschen aus Biomassefeuerungen - Charakterisierung, Aufbereitung und Verwendungsmöglichkeiten», gehalten auf der 2. Fachgespräch zur Verwertung naturbelassener Biomasseaschen, Jena, 2020.
- [82] «Markt für Holzasche befindet sich im Entstehen», Holz-Zentralblatt, Zeitungsartikel, studeni 2015.
- [83] M. Jutz, M. Tobler, A. Keel, und U. Rhyner, «Projekt HARVE - Holzaschen in der Schweiz: Aufkommen, Verwertung und Entsorgung», Holzenergie Schweiz, Bern, PP-Präsentation, 2020.
- [84] I. Obernberger, «Aschen aus Biomassefeuerungen - Zusammensetzung und Verwertung», u Thermische Biomassenutzung: Technik und Realisierung; Tagung Salzburg, 23. und 24. Travanj 1997., Gesellschaft Energietechnik, Hrsg. Düsseldorf: VDI-Verl, 1997., S. 199–222.
- [85] A. Keel, «Auswertung Analyseberichte Holzaschen - unveröffentlicht». Holzenergie Schweiz, 2020.
- [86] R. Zürcher, «Entsorgung von Aschen und Filterstäuben aus Holzfeuerungen im Kanton Bern», Fachhochschule Nordwestschweiz Windisch, Masterthesis MAS, 2016.
- [87] B. Müller, «Einfluss von Brennstoff und Anlagenbetrieb auf die Aschequalität», gehalten auf der 1. Schweizer Holzaschen Fachtagung, Eschenz, studeni 12, 2020.
- [88] A. Keel, «Etablierung der Deponierung von Holzaschen nach VVEA und Ansätze zur Verwertung», gehalten auf der 15. Holzenergie-Symposium, ETH Zürich, 14. rujna 2018.
- [89] Schweizerische Eidgenossenschaft, Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen VVEA (Abfallverordnung), Bd. SR 814.600. 2015., S. 22. Zugriffen: 19. siječnja 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20042593/index.html>
- [90] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und Bundesamts für Justiz, Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV). 2001, S. 32. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.gesetze-im-internet.de/avv/BJNR337910001.html>
- [91] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und Bundesamts für Justiz, Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (KrWG). [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/BJNR021210012.html>
- [92] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und Bundesamts für Justiz, Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung - Bi-oAbfV). 1998, S. 58. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/bioabfv/BJNR295500998.html>
- [93] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und Bundesamts für Justiz, Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV). 2009, S. 64. [Online]. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/depv_2009/BJNR090010009.html
- [94] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und Bundesamts für Justiz, Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln 1 (Düngemittelverordnung - DüMV). 2012, S. 117. [Online]. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/d_mv_2012/BJNR248200012.html
- [95] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und Bundesamts für Justiz, Düngegesetz (DüngG). 2009, S. 13. [Online]. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/d_ngg/BJNR005400009.html
- [96] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und Bundesamts für Justiz, Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV). 2017., S. 46. [Online]. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/BJNR130510017.html
- [97] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und Bundesamts für Justiz, Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung - NachwV). 2006, S. 22. [Online]. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/nachwv_2007/BJNR229810006.html
- [98] H. Reisinger, B. Winter, I. Szednyj, S. Böhmer, und T. Janhsen, Abfallvermeidung und -verwertung. Aschen, Schlacken und Stäube u Österreich., Bd. Wien: Umweltbundesamt GmbH i.A. für Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005. Zugriffen: travanj 09, 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub_id=1581&cHash=c7041b49115f2560a5558691a1a86c
- [99] H. Holzner, I. Obernberger, und K. Katzensteiner, Richtlinie für den sachgerechten Einsatz von Pflanzenaschen zur Verwertung auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen, 1. Auflage. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2011.

- [100] VDI-Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung, VDI 2067 Blatt 1 - Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung. Düsseldorf: VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2012. Zugriffen: studeni 18, 2019. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-2067-blatt-1-wirtschaftlichkeit-gebäudetechnischer-anlagen-grundlagen-und-kostenberechnung-1>
- [101] «ÖKL-Merkblatt 67 Planung von Biomasseheizwerken und Nahwärmenetzen», Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung (ÖKL), Wien, 3. Auflage, 2016. Zugriffen: März 18, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://oekl.at/publikationen/merkblaetter/mb67/>
- [102] C.A.R.M.E.N. e.V., SOPHENA – Softver zur Planung von Heizwerken und Nahwärmenetzen. Zugriffen: Juni 18, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.carmen-ev.de/service/sophena/>
- [103] J.-P. Thommen, Betriebswirtschaft und Management: Eine managementorientierte Betriebswirtschaftslehre, 10., Überarbeitete und Erweiterte Auflage. Zürich: Protiv, 2016.
- [104] AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., «AVBFernwärmeV», Energiewirtschaft, Recht & Politik / Recht / AVBFernwärmeV, studeni 26, 2019. <https://www.agfw.de/energiewirtschaft-recht-politik/recht/avbfernwaermev/> (zugegriffen Nov. 26, 2019).
- [105] «Effiziente Heizwerke, klimaaktiv». <https://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/effiziente-heizwerke.html> (zugegriffen Nov. 24, 2021). Na engleskom jeziku "Economic Profitability Calculation" alat dostupan u [području preuzimanja](#) QM-a za biomasu DH Plants
- [106] S. Thalmann, THENA. Zürich: Verenum Dr. Thomas Nussbaumer und ARGE QM Fernwärme, 2019. [Online]. Verfügbar unter: http://www.verenum.ch/Planungshandbuch_QMF_W.html
- [107] S. Thalmann, DN-Sensi. Zürich: Verenum AG und ARGE QM Fernwärme, 2021. [Online]. Verfügbar unter: http://www.verenum.ch/Dokumente/FW_Tool_DN-Sensi_V1.3.xlsx
- [108] ARGE QM Fernwärme, «QM Fernwärme», QM Fernwärme. http://www.verenum.ch/index_QMFW.html (zugegriffen Dez. 09, 2019).
- [109] QM Holzheizwerke, «Excel-Tabelle Situationserfassung QM Holzheizwerke», QM Holzheizwerke. <https://www.qmholzheizwerke.ch/de/situationserfassung.html> (zugegriffen Dez. 31, 2019).
- [110] M. Peters, T. Steidle, und H. Böhmisch, Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden, 400. Aufl. Stuttgart: KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, 2020. Zugriffen: März 19, 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-barrierefrei.pdf
- [111] P. für S. EnergieSchweiz Gemeinden, Areale und Regionen, «Räumliche Energieplanung», Lokalna energija. <https://www.local-energy.swiss/infobox/raeumliche-energieplanung.html> (zugegriffen März 19, 2021).
- [112] «Paneuropski termalni atlas PETA 5.1». <https://euf.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8d51f3708ea54fb9b732ba0c94409133> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [113] «THERMOS Alat», TERMOS, travanj 22, 2021. <https://www.thermos-project.eu/thermos-tool/tool-access/> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [114] «Hotmaps Toolbox». <https://www.hotmaps.eu/map> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [115] Schweizerische Eidgenossenschaft, «Swiss Geoportal, Wärme- und Kältenachfrage von Industrie, Wohnen und Dienstleistungen sowie bestehende thermische Netze», geo.admin.ch. <https://map.geo.admin.ch> (zugegriffen März 19, 2021).
- [116] «webGIS Datenbank VFS». <https://www.fernwaerme-schweiz.ch/fernwaerme-deutsch/Dienstleistungen/webGIS.php> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [117] «Heat Roadmap Europe». <https://heatroadmap.eu/> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [118] «EN ISO 52016-1:2018-04: Energetische Bewertung von Gebäuden - Energiebedarf für Heizung und Kühlung, Innentemperaturen sowie fühlbare und latente Heizlasten - Teil 1: Berechnungsverfahren (ISO 52016-1:2017) Deutsche Fassung EN ISO 52016-1:2017; Schweizerische Fassung SN EN ISO 52016-1 * SIA 380.211», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2577376.
- [119] «EN 12831-1:2017-09: Energetische Bewertung von Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast - Teil 1: Raumheizlast, Modul M3-3; Deutsche Fassung EN 12831-1:2017; Schweizerische Fassung SN EN 12831-3 * SIA 385.203», Beuth Verlag GmbH.
- [120] T. Nussbaumer, «SMANJENJE NOX izgaranja biomase. Biomasa za energiju i industriju», na 10. europskoj konferenciji i tehnološkoj izložbi, Würzburg, Juni 1998., S. 1318–1321.
- [121] S. Thalmann, T. Nussbaumer, J. Good, und A. Jenni, «Analysis und Optimierung von Fernwärmenetzen – Ist-Analyse von Fernwärmenetzen und Bewertungs-Tool zur Netz-Optimierung», Bundesamt für Energie BfE, Zürich, Schlussbericht, 2013.

- [122] «HSLU Softverski alati», Hochschule-Luzern. <https://www.hslu.ch/de-ch/technik-architektur/ueber-uns/organisation/kompetenzzentren-und-forschungsgruppen/bau/gebaeudetechnik-und-energie/software-tools/> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [123] «Stanet Netzberechnung», STANET. <http://stafu.de/de/home.html> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [124] «ROKA3 Rohrnetzberechnungssoftware für Gas, Wasser und Fernwärme», <https://www.roka3.de/#> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [125] I. Kropp, «SIR 3S – 3S Consult GmbH». <https://www.3sconsult.de/software/sir-3s/> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [126] «Fernwärme in Kürze», Hochschule Luzern Technik und Architektur, Horw, März 2019.
- [127] J. Ködel und D. Hanggartner, «Fallbeispiele <Thermische Netze>», Hochschule Luzern, Horw, Zusammenfassung, veljača 2018.
- [128] Helge Averbalk u.a., Vodič za implementaciju niskotemperaturnog centralnog grijanja. Prilog TS2 Primjena niskotemperaturnih sustava za toplinsku toplinu u okruhu. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2021.
- [129] Bundesamt für Umwelt BAFU, «Faktenblatt Emissionsfaktoren Feuerungen». Juni 2015. Zugriffen: Mai 18, 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/fachinfo-da-ten/faktenblatt_emissionsfaktorenfeuerungen.pdf.download.pdf/faktenblatt_emissionsfaktorenfeuerungen.pdf
- [130] K. der B. L. der öffentlichen B. KBOB, «Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016». Siječanj 2016. Zugriffen: Mai 18, 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/theme-n-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html
- [131] T. Nussbaumer, «Erntefaktor von Energiesystemen mit Holzverbrennung», u Wege zur Nachhaltigkeit und Massnahmen zur Emissionsminderung und Wirtschaftlichkeitsverbesserung, T. Nussbaumer, Hrsg. Zürich: Bundesamt für Energie BfE, 2004., S. 7–27.
- [132] F. Kessler, N. Knechtle, und R. Frischknecht, «Heizenergie aus Heizöl, Erdgas oder Holz», Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 315, 2000.
- [133] L. Krebs und R. Frischknecht, «Procjena životnog ciklusa go bazirane mješavine električne energije europskih zemalja 2018», treeze Ltd., Uster, travanj 2021. Zugriffen: Mai 18, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://treeze.ch/projects/case-studies/energy/swiss-electricity-mixes>
- [134] C. Arpagaus, Hochtemperatur-Wärmepumpen: Marktübersicht, Stand der Technik und Anwendungspotenziale. Berlin Offenbach: VDE Verlag GmbH, 2019.
- [135] Schweizerische Bundesrat, Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV). 2005. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2005/478/de>
- [136] T. Nussbaumer, J. Good, A. Jenni, und R. Bühler, «Automatische Holzheizungen - Grundlagen und Technik», Verenum AG ardens GmbH i.A. für Bundesamt für Energie, Zürich, 2001.
- [137] «Schallschutz u Haustechnikanlagen», EDMZ, Bern, 1988.
- [138] A. Moser, Damit Grünschnitzsilos keine Gefahr sind – Sicheres Arbeiten, Überarbeitete Auflage. Luzern: SUVA, 2015. Zugriffen: Juni 04, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.suva.ch/de-CH/material/Dokumentationen/damit-gruenschnitzsilos-keine-gefahr-sind-sicheres-arbeiten>
- [139] K. H. Weber, Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen: Praxishandbuch mit Checklisten und Beispielen, 5. Aufl. Springer Vieweg, 2019. doi: 10.1007/978-3-662-59498-8.
- [140] «QS-Support Holzfeuerungen - Holzenergie Schweiz». <https://www.holzenergie.ch/ueber-holzenergie/qualitaetssicherung/qs-support-holzfeuerungen.html> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [141] QM Holzheizwerke, «FAQ 8 Wie soll die Beurteilung und die Darstellung der Daten in der Betriebsoptimierung erfolgen?». 10. veljače 2015. Zugriffen: Juni 18, 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.qmholzheizwerke.ch/fileadmin/sites/qm/files/06_FAQ/FAQ08.pdf
- [142] H. Schrammel, S. Metz, W. Tertschnig, und G. Lamers, «Effiziente Biomassenahwärme - Qualitätsmanagement für Heizwerke», klimaaktiv qm heizwerke, Gleisdorf, Broschüre, Dez. 2015. Zugriffen: Juni 18, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/effiziente-heizwerke/qmheizwerke/broschuere.html>
- [143] «Qualitätsanalyse von Biomasseheizwerken – C.A.R.M.E.N. e.V.». <https://www.carmen-ev.de/service/dienstleistungen/qualitaetsanalyse-von-biomasseheizwerken/> (zugegriffen Nov. 24, 2021).
- [144] P. Küttel, QMH-Wirtschaftlichkeitsrechnung. Zürich: QM Holzheizwerke, 2018. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.qmholzheizwerke.ch/de/downloads.html>
- [145] S. Thalmann, Mehrverbrauch. Zürich: Verenum AG und ARGE QM Fernwärme, 2021. [Online]. Verfügbar unter: http://www.verenum.ch/Dokumente/Mehrverbrauch_V3.3_de.xlsx

Na engleskom jeziku "Višak potrošnje" dostupan pod:

http://www.verenum.ch/Dokumente/Mehrverbrauch_V3.3_en.xlsx

- [146] «DIN EN 14394:2008-12, Heizkessel - Heizkessel mit Gebläsebrennern - Nennwärmeleistung kleiner oder gleich 10 MW und einer maximalen Betriebstemperatur von 110 °C; Deutsche Fassung EN 14394:2005+A1:2008», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/1421646.
- [147] J. Dobro, T. Nussbaumer, J. Delcarte, und Y. Schenkel, «METHODE ZA DE-PREKID UČINKOVITOSTI ZA TOPLANE BIOMASE I UTJECAJ NAČINA RADA NA UČINKOVITOST POSTROJENJA», Rom, Mai 2004, S. 4. Zugriffen: 29. rujna 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/312308376_METHODS_FOR EFFICIENCY DETERMINATION FOR BIOMASS HEATING PLANTS AND INFLUENCE OF OPERATION MODE ON PLANT EFFICIENCY
- [148] J. Ködel, G. Oppermann, O. Arnold, M. Büchler, und M. Jutzeler, «Leitfaden Fernwärme / Fernkälte», Verband Fernwärme Schweiz für Bundesamt für Energie, Niederrohrdorf, Schlussbericht, kolovoz 2018. Zugriffen: kolovoz 15, 2019. [Online]. Verfügbar unter: https://www.fernwaerme-schweiz.ch/fernwaerme-deutsch-wAssets/docs/Dienstleistungen/Leitfaden-Fernaerme-Fernkaelte/Fernwaerme_Leitfaden-deutsch.pdf
- [149] «DIN EN 1333:2006-06, Flansche und ihre Verbindungen_- Rohrleitungsteile_- Definition und Auswahl von PN; Deutsche Fassung EN_1333:2006», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/9658127.
- [150] «DIN EN ISO 6708:1995-09, Rohrleitungsteile_- Definicija i Auswahl von DN (Nennweite) (ISO_6708:1995); Deutsche Fassung EN_ISO_6708:1995», Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/2819641.

